

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **DIPLOMSKI RAD**

**Igor Kuš**

Zagreb, 2015.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **DIPLOMSKI RAD**

Mentor

Prof. dr.sc. Zoran Kunica

Student:

Igor Kuš

Zagreb, 2015

## Zadatak



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
**FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE**



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite  
Povjerenstvo za diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:  
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo  
materijala i mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

## DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **IGOR KUŠ** Mat. br.: 0035176220

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Razvoj industrijskog generatora dušika**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Development of an industrial nitrogen generator**

### Opis zadatka:

Dušik je plin koji se koristi u raznim granama industrije. Da bi se dušik koristio u nekom industrijskom procesu mora ga se proizvoditi (generirati) na mjestu uporabe ili kupovati pohranjenog u spremnicima. U svijetu je trend sve većeg korištenja generatora dušika u odnosu na klasične spremnike, a rastuće potrebe za njim omogućuju da na tržištu, uz veće i etablirane proizvođače, svojom inovativnošću istupe i tvrtke manje veličine. Generator dušika je redovito dio nekog većeg postrojenja što podrazumijeva različite mogućnosti i posebnosti njegove realizacije s tržišno-proizvodnog aspekta podjele rada.

### U radu je potrebno:

1. obrazložiti primjenu te način rada i konstrukciju industrijskih generatora dušika;
2. opisati tržišno-poslovno, inženjersko i proizvodno okruženje u kojemu se generator dušika namjerava razvijati;
3. navesti značajke razvijanog generatora dušika, oblikovati ga računalom te izvesti odgovarajuće proračune;
4. osvrnuti se na proizvodnju i eksploataciju generatora dušika (dobava i/ili izrada i montaža komponenti, pakiranje i transport, instalacija, održavanje, sigurnost);
5. poduprijeti točke 3. i 4. navođenjem potrebnih normi i tehničke dokumentacije;
6. predložiti unapređenja u radu tvrtke u kojoj se generator razvija, integrirajući i poopćujući rezultate dobivene razmatranjem generatora dušika.

Zadatak zadan:

24. rujna 2015.


Rok predaje rada:

26. studenog 2015.


Predviđeni datum obrane:

2., 3. i 4. prosinca 2015.

Zadatak zadao:

  
Prof. dr.sc. Zoran Kunica

Predsjednik Povjerenstva:

  
Prof. dr.sc. Franjo Cajner

## **Izjava i zahvale**

*Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu.*

### *Zahvale*

*Zahvaljujem svom mentoru prof. dr.sc. Zoranu Kunici koji je svojim stručnim i znanstvenim savjetima vodio i usmjeravao kroz temu rada, na strpljenju i savjetima tijekom izrade i pisanja rada te ugodnoj suradnji. Srdačno zahvaljujem tvrtkama Fering-fit d.o.o. i L-tek što su mi omogućile izradu ovog rada te pružile stručnu i tehničku podršku .*

*Hvala svim profesorima, kolegama i prijateljima.*

*Posebno hvala mojim roditeljima koji su mi omogućili studiranje te zajedno sa sestrom pružili podršku tokom studiranja.*

*Igor Kuš*

## Sažetak

U okviru ovog rada opisan je razvoj industrijskog generatora dušika u hrvatsko-slovenskoj suradnji dviju tvrtki, Fering-fit d.o.o. i L-tek d.o.o. Tokom izrade ovog rada izrađena je osnovna verzija generatora te je ovim radom istodobno nastavljen daljnji razvoj koji je rezultirao izradom nove, naprednije verzije generatora NitroOne-S.

Opisane su prednosti uporabe dušika, načini pohrane i dobave. Iznesene su prednosti te je izveden proračun isplativosti upotrebe generatora dušika u odnosu na korištenje dušika iz posuda pod tlakom. Opisani su uvjeti i okruženje u kojima se generator razvija. Iskazane su tehničke karakteristike te je opisan princip rada. Oblikovan je model pomoću računala te su izrađeni P&ID dijagrami. Opisano je rukovanje uređajem te njegovo održavanje.

Predložene su ideje za unaprjeđenje rada tvrtke u kojoj se generator razvijao koje se odnose prije svega na daljnji razvoj generatora s tehničko-tehnološke strane, širenje područja primjene te povećanje njegove efikasnosti.

Ključne riječi: generator, dušik, kisik, membrana, razvoj proizvoda

## **Summary**

This work describes development of an industrial nitrogen generator by Croatian-Slovenian cooperation of two companies: Fering-Fit and L-tek. During this work the basic version of generator NitroOne has been finished, while at the same time, this work contributes to the further development of the newer, advanced version of the generator.

The work describes benefits of nitrogen using, methods of storing and production, as well as conditions and environment in which generator has been developed. Technical characteristics and features of the generator have been presented. 3D CAD model and P&ID diagrams are made. Device handling and maintenance plan are described.

Ideas are proposed for improving company technical and market operation, especially relating to the further technology development of the generator and expanding the field of application and increase of efficiency.

Key words: generator, nitrogen, oxygen, membrane, product development

# SADRŽAJ

Zadatak .....	1
Izjava i zahvale .....	2
Sažetak .....	3
Summary .....	4
Popis slika .....	7
Popis tablica .....	9
Popis oznaka i mjernih jedinica fizikalnih veličina .....	10
<b>1. UVOD.....</b>	<b>11</b>
<b>2. DUŠIK U INDUSTRIJI.....</b>	<b>12</b>
<b>2.1. Razlozi primjene dušika u industriji[6] .....</b>	<b>13</b>
2.1.1. Sprječavanje oksidacije .....	13
2.1.2. Prevencija razvoja bakterija .....	13
2.1.3. Utjecaj na izgaranje i eksplozivnost.....	13
2.1.4. Primjena u proizvodima .....	13
<b>2.2. Načini primjene dušika u industriji[6] .....</b>	<b>14</b>
2.2.1. Dušik pohranjen u spremnicima.....	14
2.2.1.1. Pohrana u posude pod tlakom .....	14
2.2.1.2. Pohrana u termoizolirane spremnike .....	14
2.2.1.3. Pohrana u velike spremnike (cisterne) .....	15
2.2.2. Proizvodnja dušika pomoću generatora dušika .....	16
2.2.2.1. Prehrambena industrija .....	16
2.2.2.2. Proizvodnja elektroničkih komponenti .....	17
2.2.2.3. Toplinska obrada, obrada polimera i laseri .....	18
2.2.3. Prednosti upotrebe generatora dušika .....	18
<b>3. GENERATORI DUŠIKA .....</b>	<b>19</b>
<b>3.1. Odnos veličina između molekule kisika i dušika [6] .....</b>	<b>19</b>
<b>3.2. Adsorpcijski generator dušika.....</b>	<b>20</b>
<b>3.3. Membranski generator dušika.....</b>	<b>22</b>
<b>4. POSLOVNO I TEHNIČKO OKRUŽJE RAZVOJA GENERATORA DUŠIKA NitroOne .....</b>	<b>24</b>
<b>4.1. Fering-fit d.o.o. i L-tek d.o.o. ....</b>	<b>25</b>

4.2.	Izračun isplativosti generatora dušika .....	28
5.	RAZVOJ GENERATORA DUŠIKA NitroOne .....	29
5.1.	Opis principa rada generatora dušika .....	30
5.2.	Tehničke karakteristike.....	32
5.3.	Uvjeti za rad .....	33
5.4.	Norme korištene pri razvoju generatora dušika .....	35
5.5.	Oblikovanje modela generatora dušika NitroOne pomoću računala .....	40
5.5.1.	Oblikovanje modela u računalnom programu CATIA V5 .....	40
5.5.2.	Izrada rendera modela u računalnom programu KeyShot.....	49
5.6.	Izrada dijagrama cjevovoda i instrumentacije (P&ID) generatora dušika ...	54
5.7.	Napredna verzija generatora dušika NitroOne .....	57
6.	MONTAŽA GENERATORA DUŠIKA NitroOne .....	59
7.	UKLOP I ODRŽAVANJE UREĐAJA GENERATORA DUŠIKA NitroOne .....	62
7.1.	Zdravstveni, transportni, ekološki i sigurnosni čimbenici .....	63
7.2.	Održavanje .....	65
8.	PRODAJNO-PROIZVODNA INTEGRACIJA I UNAPRJEĐENJE TVRTKE RAZVOJEM GENERATORA DUŠIKA NitroOne .....	66
8.1.	Proces od narudžbe uređaja do isporuke i održavanja .....	66
8.1.1.	Prodaja.....	66
8.1.2.	Projektiranje .....	66
8.1.3.	Izrada, montaža i održavanje.....	68
8.2.	Unaprjeđenje u radu tvrtke .....	68
8.2.1.	Razvoj uređaja i dokumentacije .....	68
8.2.2.	Povezivanje uređaja s drugom opremom .....	69
8.2.3.	Bolje upoznavanje i širenje tržišta s generatorom NitroOne.....	70
9.	ZAKLJUČAK .....	71
10.	LITERATURA.....	73
11.	PRILOZI .....	74
	Popis priloga.....	74



## Popis slika

Slika 1. Tlačne posude [3].....	14
Slika 2. Termoizoliran spremnik [3] .....	15
Slika 3. Spremnik ukapljenog dušika [3] .....	15
Slika 4. Prikaz molekule kisika i dušika .....	19
Slika 5. Prikaz elektronske strukture molekule kisika i dušika.....	20
Slika 6. Prikaz adsorpcije kisika, ugljično molekularno sito (CMS) [5].....	21
Slika 7. Prikaz rada adsorpcijskog generatora dušika [5] .....	21
Slika 8. Membrane: a) raspored vlakana, b) snop vlakana [4] .....	22
Slika 9. Prikaz poroznog vlakna membrane.....	22
Slika 10. Prikaz membranskog izdvajanja dušika [7] .....	23
Slika 11. Primjer upotrebe generatora NitroOne pri selektivnom lemljenju u tvrtki L-tek .....	25
Slika 12. Blokovski prikaz poslovne suradnje za razvoj generatora dušika .....	27
Slika 13. Generator dušika NitroOne .....	29
Slika 14. Model generatora NitroOne s prikazanim pozicijama glavnih elemenata .....	31
Slika 15. Primjer identifikacijske pločice generatora NitroOne.....	32
Slika 16. Procesno postrojenje proizvodnje dušika [5] .....	35
Slika 17. CAD model generatora dušika NitroOne: kućišta filter elemenata .....	41
Slika 18. CAD model generatora dušika NitroOne: a) membrana, b) regulator Samson .....	41
Slika 19. CAD model generatora dušika NitroOne: a) elektromagnetski ventil, b) ručni kuglasti ventil.....	42
Slika 20. CAD model generatora dušika NitroOne: a) analogni manometar, b) i PLC .....	42
Slika 21. CAD model generatora dušika NitroOne: a) noseća konstrukcija, b) kućište .....	43
Slika 22. Sklop generatora bez kućišta u CATIA-i .....	44
Slika 23. Kućište generatora u CATIA-i .....	44
Slika 24. Generator dušika u CATIA-i.....	45
Slika 25. Model sklopa kućišta generatora.....	45
Slika 26. Model sklopa generatora bez kućišta .....	46
Slika 27. Model sklopa generatora dušika s transparentnim kućištem .....	47
Slika 28. Gabaritne i priključne dimenzije generatora .....	48
Slika 29. Renderirani kućište i generator softverom KeyShot .....	49

Slika 30. Renderiran model kućišta generatora.....	50
Slika 31. Renderiran model generatora dušika.....	51
Slika 32. Renderiran model generatora dušika, pogled sprijeda .....	52
Slika 33. Renderiran model generatora dušika, pogled odzada .....	53
Slika 34. Izrada dijagrama P&ID u CATIA-i .....	54
Slika 35. Dijagram P&ID generatora dušika.....	55
Slika 36. Dijagram P&ID naprednog generatora NitroOne-S.....	58
Slika 37. Fotografije s montaže generatora dušika .....	61
Slika 38. Početni zaslon upravljačkog računala generatora (lijevo) i zaslon s prikazom radnih sati (desno) .....	65
Slika 39. Ugrađeni generator NitroOne u tvornici Danica d.o.o. ....	67

## Popis tablica

Tablica 1. Svojstva dušika.....	12
Tablica 2. Koncentracija dušika .....	16
Tablica 3. Popis zahtijevanih koncentracija dušika ovisno o grupi prehrambenog proizvoda	17
Tablica 4. Tehničke karakteristike generatora NitroOne .....	32
Tablica 5. Energetsko procesni zahtjevi za rad generatora .....	33
Tablica 6. Korekcijski faktori za različite ulazne tlakove zraka .....	34
Tablica 7. Korekcijski faktor protoka za različite temperature okoliša .....	34
Tablica 8. Korekcijski faktor protoka za različite temperature ulaznog zraka.....	34
Tablica 9. Klase čistoće komprimiranog zraka [5].....	37
Tablica 10. Klase čistoće s obzirom na onečišćenje vodom i vlagom [5] .....	38
Tablica 11. Klase nečistoće s obzirom na onečišćenje uljem [5].....	38
Tablica 12. Popis elemenata P&ID .....	56
Tablica 13. Količinska sastavnica generatora NitroOne .....	59

## Popis oznaka i mjernih jedinica fizikalnih veličina

Oznaka	Mjerna jedinica	Naziv/Opis
–	Å (Ångström, Angstrom)	jedinica kojom se izražava veličina atoma, $1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m}$
A	$\text{m}_n^3$	količina potrebnog komprimiranog zraka da se proizvede $1 \text{ m}_n^3 \text{ N}_2$ koncentracije 99,5 %
C	EUR/kW	cijena električne energije
CMS	–	ugljično molekularno sito
$c_p$	kJ/(kmol K)	Specifični toplinski kapacitet
$d$	m	promjer
E	kW	energija potrebna da kompresor proizvede $1 \text{ m}_n^3$ komprimiranog zraka tlaka 7 bar
L	m	duljina
$m$	kg	masa
M	kg/kmol	molarna masa
$\text{N}_2$	–	molekula dušika
$\text{O}_2$	–	molekula kisika
$p$	Pa	tlak
PCB	–	tiskana pločica
PI	–	poliimid
PSU	–	polisulfon
R	inch	cijevni navoj
$\theta$	°C	temperatura
$\theta_r$	°C	temperatura točke rosišta
$\theta_v$	°C	temperatura vrelišta
$\rho$	$\text{kg/m}^3$	gustoća

## 1. UVOD

Dušik<sup>1</sup> je plin koji se zbog svog svojstva inertnosti pri nižim temperaturama koristi u mnogim grana industrije. Primjena dušika u industriji zahtijeva dušik pod tlakom visoke koncentracije. Zahtijevane koncentracije dušika kreću se od 95 %, primjerice u naftnoj industriji kod protupožarnih sustava rafinerija, pa sve do 99,9995 % za potrebe farmaceutske industrije. Da bi se dušik takve koncentracije koristio potrebno ga je dovesti do potrošača pohranjenog u spremniku pod tlakom ili ga proizvoditi (generirati). Trenutno je u svijetu najveći udio potrošača koji kupuju dušik pohranjen u spremnicima pod tlakom, ali se povećanjem ponude po prihvatljivim cijenama pojavio trend korištenja generatora dušika. Trend je pokrenula ponuda generatora po cijenama koje malim i srednjim proizvodnim poduzećima omogućuju kupovinu generatora uz povrat investicije kroz dvije do pet godina.

Trenutno u svijetu, pa tako i na tržištu u regiji postoji nekoliko velikih proizvođača generatora dušika. Fering-fit jedna je od hrvatskih tvrtki koja se bavi projektiranjem u procesnoj industriji što uključuje i generatore dušika. Tvrtka zastupa generatore dušika proizvođača Parker te kao takva ima uvid u potrebe i kretanje tržišta. U tvrtki je zaključeno kako postoji mogućnost za izradom vlastitog generatora dušika uz financijsku opravdanost, zauzimanjem određenog dijela tržišta. Za potrebe razvoja tvrtka Fering-fit d.o.o. dogovorila je suradnju sa slovenskom tvrtkom L-tek. Nakon dogovora tvrtki 2013. godine krenuo je proces razvoja generatora dušika pod imenom NitroOne što je rezultiralo s 10 prodanih primjeraka do vremena pisanja ovog rada.

Generator dušika dio je procesne linije pripreme radnog medija do potrošača te kao takav zahtijeva ugradnju unutar postojeće linije uz osiguranje radnih uvjeta. Ukoliko se generator ugrađuje u novu procesnu liniju gdje ne postoje drugi uređaji, takav projekt tada obuhvaća i ugradnju drugih potrebnih uređaja kao što su: kompresor, filteri, spremnik i sušač zraka. Projektiranje takve cjelokupne procesne linije bitno utječe na stupanj složenosti i veličinu projekta od ugradnje samog generatora te otvara različite mogućnosti njegovog povezivanja.

---

<sup>1</sup> N je oznaka dušika kao kemijskog elementa.

## 2. DUŠIK U INDUSTRIJI

Dušik je plin bez boje i mirisa koji je skoro inertan na sobnoj temperaturi. Otkrio ga je Daniel Rutherford 1772. godine, a ime mu dolazi od grčkog za salitru – *nitron* i riječi *genesis* što znači stvarati. Dio je mnogih organskih i anorganskih spojeva, ne gori i ne podržava gorenje. U zraku se većinom nalazi kao slobodan plin (volumnog udjela 78 %) te vezan u spojevima: salitra ( $\text{KNO}_3$ ), čileanska salitra ( $\text{NaNO}_3$ ) i amonijak ( $\text{NH}_3$ ). Dušik se dobiva isključivo iz zraka, pri čemu se koriste dvije metode [1]:

1. Ukapljivanje i frakcijska destilacija tekućeg zraka. Pogodna je za dobivanje velikih količina dušika, a zasniva se na nižem vrelištu dušika od kisika pa se lakše ukapluje i destilacijom izdvaja kao plinovita faza.
2. Uklanjanje kisika iz zraka kemijskim ili fizikalnim putem. Ova metoda pogodna je za dobivanje srednjih i manjih količina dušika. Kemijskim ili fizikalnim odvajanjem dušika dobivamo takozvani generatorski plin (dušik).

Tablica 1. Svojstva dušika

Svojstva dušika			
Kemijska svojstva		Fizikalna svojstva	
Kemijska formula	$\text{N}_2$	Atomski broj	7
Atomski radijus	71 pm	Molarna masa	28,016 kg/kmol
Kovalentni radijus	70 pm	Plinska konstanta	296,8 J/(kg K)
van der Waalsov radijus	154 pm	Gustoća	1,2505 kg/m <sup>3</sup>
Apsolutna elektronegativnost	7,30 eV	Izentropski eksponent	1,398
Toplinska svojstva		Rasprostranjenost elementa	
$c_p$	1,043 kJ/(kg K)	Atmosfera	780900 ppm <sup>2</sup>
Talište	−210,02 °C	Zemljina kora	20 ppm
Vrelište	−195,81 °C	Oceani	0,8 ppm
Specifična toplina taljenja	25,7 kJ/kg	Napomena: Vrijednosti su prikazane za stanje plina pri temperaturi 0 °C i tlaku 1,01325 bar.	
Specifična toplina isparavanja	199,3 kJ/kg		

<sup>2</sup> ppm – eng. *parts per million* – udio u milijunu

## 2.1. Razlozi primjene dušika u industriji[6]

Zbog iznimno pogodnih svojstva (inertan, bez boje, mirisa i okusa) dušik je plin koji se koristi u raznim granama industrije. Pored ostalog, koristi se kako bi se uklonio kisik i time spriječila nepovoljna oksidacija u raznim proizvodima i procesima [3].

### 2.1.1. Sprječavanje oksidacije

- Prilikom toplinske obrade i laserskog rezanja metala
- Proizvodnja elektroničke opreme, prilikom lemljenja elemenata na tiskane pločice, izrade dioda i tranzistora
- Zaštita lijekova i napitaka od oksidacije

### 2.1.2. Prevencija razvoja bakterija

- Očuvanje zapakirane hrane i napitaka kako bi se zaustavilo kvarenje i očuvala svježina
- MAP (*Modified Atmosphere Packaging*) tehnikom zamjenjuje pakiranje korištenjem zraka ili vakuuma
- Pakiranje proizvoda u sterilnim uvjetima, lijekovi i razna medicinska oprema

### 2.1.3. Utjecaj na izgaranje i eksplozivnost

- Zaštita eksplozivnih i zapaljivih tvari koja ih štiti od kontakta s kisikom
- Zamjena za argon kod žarulje sa žarnom niti
- Kod vojnih sustava u zrakoplovnim gorivima, što pomaže da se smanji opasnost od požara

### 2.1.4. Primjena u proizvodima

- Koristi se za dobivanje amonijaka, izrada gnojiva i eksploziva
- Kao dielektrični plin kod visokonaponske opreme
- Uklanjanje hlapljivih organskih spojeva iz tekućina, uklanjanje štetnih para i tekućine iz industrijske opreme
- Prilikom izrade vina dušik se upuhuje kako bi se odstranio otopljeni kisik, ali i odstranio CO<sub>2</sub>
- Kod proizvodnje piva koristi se u kombinaciji s CO<sub>2</sub> kako bi se postigao potreban tlak u spremniku, zbog manjih mjehurića koje proizvodi čini pivo tečnijim za grlo, omogućuje uporabu dodataka za postizanje željenog tlaka prilikom punjenja u boce i limenke (*beer widgets*).
- Punjenje automobilskih i zrakoplovnih guma

## 2.2. Načini primjene dušika u industriji[6]

Da bi dušik koristio u nekom industrijskom procesu mora ga se proizvoditi (generirati) ili kupovati pohranjenog u razne spremnike. Trenutno je u svijetu najveći udio potrošača dušika koji kupuju dušik pohranjen u spremnicima pod tlakom, ali unatoč tome nastaje trendove većeg korištenja generatora dušika.

### 2.2.1. Dušik pohranjen u spremnicima

Tri su osnovna načina pohrane dušika u spremnike: pohrana u posude pod tlakom, pohrana u termo-izolirane spremnike i pohrana u velike spremnike (cisterne).

#### 2.2.1.1. Pohrana u posude pod tlakom

Dušik je moguće pohraniti u posude pod tlakom (Slika 1.); takvi spremnici uzimaju se u najam te se plaća ponovno punjenje. Koriste se uglavnom za kapacitete dušika do 8 m<sup>3</sup> te tlaka do 200 bar. Ovakav način pohrane i korištenja dušika pogodan je kod male potrošnje dušika. Nedostatci su: veliki troškovi kod povećanja upotrebe, potrebno ih je mijenjati što zahtijeva prekid rada, sigurnosni rizici zbog visokog tlaka.



Slika 1. Tlačne posude [3]

#### 2.2.1.2. Pohrana u termoizolirane spremnike

Za pohranu većih količina dušika potrebno je dušik pohraniti u ukapljenom stanju. Temperatura takvog dušika je –196 °C, a za pohranu su potrebni toplinski izolirani spremnici (Slika 2.). Takvi spremnici mogu pohraniti do 125 m<sup>3</sup> dušika s izlaznim, upotrebljivim tlakom dušika do 13 bar. Prednost ovakve pohrane je veći kapacitet pohrane od posuda pod tlakom, a s time i niže cijene. Nedostatci su: zahtijevaju specifična konstrukcijska i procesna rješenja za uporabu, mogućnost curenja kod dugačkih cjevovoda, gubitak od oko 20 % zbog isparavanja.





**Slika 2. Termoizoliran spremnik [3]**

#### 2.2.1.3. Pohrana u velike spremnike (cisterne)

Dušik se dobavlja od specijaliziranih dobavljača te se pohranjuje u velike statičke spremnike (cisterne) volumena do 50 m<sup>3</sup> (Slika 3.). Dušik se najčešće pohranjuje u ukapljenom stanju. Ovakav način je najisplativiji kod velike potrošnje dušika, ali zahtijeva izgradnju velikih spremnika što rezultira povećanjem početnih troškova ulaganja i većim zauzećem prostora.



**Slika 3. Spremnik ukapljenog dušika [3]**

### 2.2.2. Proizvodnja dušika pomoću generatora dušika

U industriji sve se češće koristi dušik proizveden generatorom dušika. Generator dušika koristi zrak te fizički razdvaja dušik iz zraka od ostalih plinova. Takvim načinom proizvodnje dušika moguće je proizvesti struju dušika koncentracije do 99,9995 %.

Zbog različitih zahtjeva za čistoćom dušika u raznim industrijama potrebno je pravilno odrediti potrebnu čistoću kako se ne bi bespotrebno rasipala energija. Čistoća dušika često se prikazuje kao količina zaostalih molekula kisika u dobivenom plinu, što ustvari predstavlja koncentraciju kisika. Jedinice u kojima se izražava koncentracija jesu [%] ili [ppm]. Tablica 2. prikazuje čistoću u obliku koncentracije dušika i zaostalih čestica kisika ( $O_2$ ).

**Tablica 2. Koncentracija dušika**

Koncentracija dušika [N <sub>2</sub> ]	Zaostali kisik [O <sub>2</sub> ]
95 %	5 %
99 %	1 %
99,9 %	0,1 %
99,95 %	500 ppm
99,99 %	100 ppm
99,999 %	10 ppm
99,9995 %	5 ppm

#### 2.2.2.1. Prehrambena industrija

Razni prehrambeni proizvodi nakon proizvodnje zahtijevaju zadržavanje kvalitete tokom perioda skladištenja, transporta i izlaganja. U dugoročnom vremenskom periodu proizvodi postaju skloni gubljenju kvalitete tj. nastaje kvarenje proizvoda.

Da bi se to izbjeglo, prehrambeni proizvodi se čuvaju u kontroliranoj atmosferi pod visokom koncentracijom dušika ( $N_2$ ) koji se primarno koristi da smanji sadržaj kisika i time usporava aerobno i oksidacijsko djelovanje odnosno kvarenje proizvoda [5].

Uobičajeno je da je sadržaj kisika ( $O_2$ ) manji od 1 % u pakiranim prehrambenim proizvodima čime se održava kvaliteta proizvoda kao nakon proizvodnje i produžava njihov vijek trajanja (Tablica 3.). Proizvodi koji zahtijevaju proizvodnju pod kontroliranom atmosferom (uporabu dušika) jesu:

- svježe voće i povrće
- sušeni prehrambeni proizvodi
- svježa tjestenina
- hladna i gotova jela
- voćni sokovi i vina
- kava i čajevi

- razne pahuljice od kukuruza, čips
- jestiva ulja, rafinirana ulja palme i kokosa
- svježi sir i ostali mliječni proizvodi.

**Tablica 3. Popis zahtijevanih koncentracija dušika ovisno o grupi prehrambenog proizvoda**

VRSTA PROIZVODA	Plinovi za kontroliranu atmosferu	Normalni vijek trajanja proizvoda	Produženi vijek trajanja pod kontroliranom atmosferom plinova	Zahtjev za koncentracijom dušika, %
Tekući proizvodi hrane i pića	N <sub>2</sub>	3-7 dana	1-3 tjedna	0,5
Sušeni proizvodi	N <sub>2</sub>	6 mjeseci	1-2 godine	0,1-0,5
Ribani i mekani sirevi	N <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub>	2-3 tjedna	2-3 mjeseca	0,1-0,5
Svježe voće i povrće	N <sub>2</sub>	3-6 dana	1-5 tjedana	0,5-1
Svježa tjestenina	N <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub>	1-2 tjedana	3-4 tjedna	0,1-0,5
Gotova jela	N <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub>	1-4 dana	1-2 tjedna	0,1-0,5
Kuhano i smrznuto meso	N <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub>	1-2 tjedna	1-2 mjeseca	0,1-0,5

Prednosti proizvodnje pod kontroliranom atmosferom:

- očuvanje okusa, arome, sastava i sastavnih vrijednosti proizvoda
- povećane prodaje visokokvalitetnih proizvoda
- povećane proizvodne efikasnosti sa dužim proizvodnim ciklusima
- bolji izgled i sastav proizvoda kod krajnjeg korisnika odnosno na prodajnom mjestu
- produljeni vijek trajanja proizvoda
- povećane izvozne mogućnosti na nova i udaljenija tržišta.

#### 2.2.2.2. Proizvodnja elektroničkih komponenti

Naglim razvojem elektroničkih proizvoda i industrije rastu i zahtjevi za visokom čistoćom u proizvodnji elektroničkih komponenti.

Proizvodni postupci u kojima se koristi dušik jesu:

- Lasersko lemljenje
- Selektivno lemljenje
- Otpuhivanje čestica i isušivanje
- Peći za proizvodnju LCD ekrana.

Uporabom dušika u procesu lemljenja dobiva se proizvod s manje nečistoća, površinskih oštećenja i oksida. Smanjena je dodatna obrada, potreba za čišćenjem i održavanjem. Postižu se bolji spojevi elemenata te se troši manje energije i materijala.

#### 2.2.2.3. Toplinska obrada, obrada polimera i laseri

Toplinska obrada koristi se kako bi se poboljšala fizikalna i kemijska svojstva materijala.

Prilikom toplinske obrade metala, ukoliko je prisutan zrak, dolazi do stvaranja oksida na površini obrađivanog metalnog dijela. Tokom obrade čelika kisik reagira s ugljikom te na taj način mijenja njegovu strukturu, a time i svojstva. Procesi u kojima se koristi dušik i zahtijevana čistoća su kako slijedi:

- Žarenje (10 ppm)
- Kaljenje (10 ppm)
- Tvrd lemljenje (0,5 %)
- Popuštanje (10 ppm)
- Lijevanje lakih i obojenih materijala (0,5 %)
- Proizvodnja kompozita korištenjem autoklava (10-100 ppm)
- Plinsko injekcijsko prešanje (2 %)
- Lasersko zavarivanje, rezanje i lemljenje (10-5000 ppm)
- Medicinski zahvati laserom (10-100 ppm).

Dušik se pokazao kao odličan medij za lasersko navođenje, dovodenjem dušika višeg tlaka čisti se put lasera od ostalih čestica i plinova.

#### 2.2.3. Prednosti upotrebe generatora dušika

U usporedbi s korištenjem pohranjenog dušika u spremnike, generator dušika ima mnogo prednosti, a neke od tih prednosti jesu:

- Generator proizvodi dušik visoke čistoće na zahtjev korisnika, stoga nisu potrebni dodatni spremnici te briga oko njihove količine ispunjenosti
- Nema zastoja u procesu, kao kod izmjene ili nadopune spremnika
- Korisnik ima potpunu neovisnost i kontrolu nad uporabom dušika
- Jeftina proizvodnja dušika, utrošak je jedino električna energija
- Brz povratak uložених sredstava
- Ugradnja uređaja vrši se pokraj potrošača te se tako smanjuju troškovi cjevovoda
- Mogućnost spajanja više uređaja rješava problem mogućeg zahtjeva za povećanjem potrošnje dušika
- Sigurnosni razlozi:
  - Generator radi pri niskim tlakovima i okolišnoj temperaturi
  - Proizvodi se samo onolika količina dušika koju potrošač zahtijeva, kako ne bi došlo do ispuštanje dušika u radni prostor što može uzrokovati hipoksiju
  - Nema potrebe za dodatnim rukovanjem i radnjama, kao kod izmjene spremnika.

### 3. GENERATORI DUŠIKA

Zrak je mješavina plinova koja se sastoji od 78,084 %  $N_2$ , 20,947 %  $O_2$  te ostalih plinova u manjem udjelu: Ar, He, Kr,  $SO_2$ ,  $CH_4$ ,  $H_2$ ,  $N_2O$ , Xe,  $O_3$ ,  $NO_2$ ,  $I_2$ , CO i  $NH_3$  [16]. Izdvajanje kisika i dušika iz zraka provodi se već preko 100 godina, postupak se provodi na niskim temperaturama, a zasniva se na procesu promjene agregatnog stanja. Temperature vrelišta ( $\theta_v$ ) različite su kod kisika i dušika, pri normalnom tlaku temperatura vrelišta kisika iznosi  $-182,97\text{ }^\circ\text{C}$ , dok kod dušika temperatura vrelišta ( $\theta_v$ ) iznosi  $-195,81\text{ }^\circ\text{C}$ . Izdvajanje se provodi tako da se zrak ohladi na temperaturu vrelišta kisika pri kojoj kisik iz zraka prelazi u kapljevito stanje te se pomoću pumpe odvaja od kisika koji je u ostao u plinovitom stanju. Daljnjim hlađenjem ispod temperature vrelišta dušika, dušik prelazi u kapljevito stanje te se takav pohranjuje u spremnike. Ovakav način generiranja dušika iziskuje velik utrošak energije, a time i isplativost primjene generatora dušika u industriji.

Mnogo energetski učinkovitiji je način na kojem rade suvremeni generatori dušika koji se temelji na fizičkom odvajanju molekula dušika od kisika. Da bi se proizveo dušik koncentracije 99,9 % klasičnim načinom izdvajanja, potrebno je uložiti oko 1976 kJ električne energije po kilogramu dušika. Generator dušika za proizvodnju jednake količine i čistoće dušika utroši samo 1420 kJ [4] – dakle, **potrebno je oko 30 % manje energije**.

#### 3.1. Odnos veličina između molekule kisika i dušika [6]

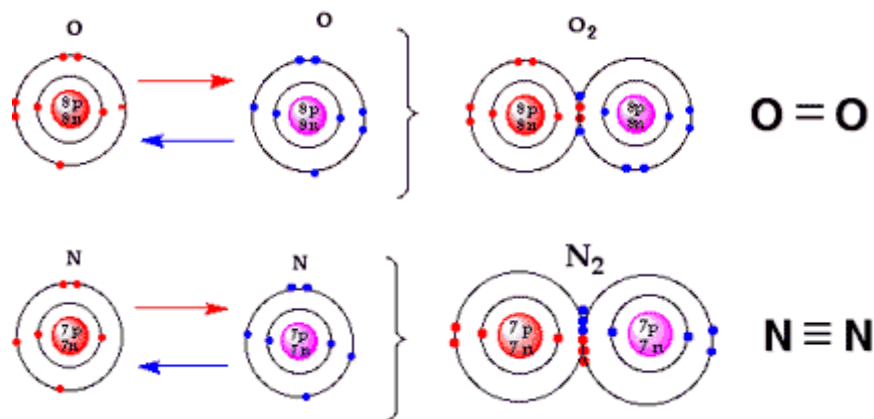
Relativna molekulska masa ( $M_r$ )  $O_2$  iznosi 32, dok je  $M_r$  molekule dušika 28, no relativna molekulska masa ne korelira direktno s veličinom molekule. Na veličinu molekule utječe tzv. kinetički polumjer koji predstavlja najmanju dimenziju promatrane molekule u prostoru.  $O_2$  i  $N_2$  su dvoatomne molekule cilindrična oblika. Što je molekula takvog oblika veća, to je njezin kinetički polumjer manji. U transportnom fenomenu, manje molekule imaju manji polumjer. Ako se uspoređi veličine molekula  $O_2$  i  $N_2$  u Angstromima [ $\text{\AA}$ ], tada se vidi da je molekula  $O_2$  od  $N_2$  manja za 0,20  $\text{\AA}$  (veličina  $O_2$  je 2,9, a  $N_2$  3,1). Jedan Angstrom jednak je  $10^{-10}\text{ m}$  (0,1 nm) i upotrebljava se za izražavanje veličine atoma, dužine kemijskih veza i valne duljine spektra vidljive svjetlosti.



Slika 4. Prikaz molekule kisika i dušika

Razlog zbog kojeg je  $O_2$  manja od  $N_2$  leži u elektronskoj strukturi same molekule. Elektronski oblak oko molekule kisika manji je i kompaktniji od elektronskog oblaka molekule dušika

zbog većih elektrostatskih interakcija između elektrona koji se nalaze u elektronskom oblaku i zbog većeg pozitivnog naboja jezgre atoma O u  $O_2$  molekuli. Naime, molekula kisika ima 8 protona u jezgri i njezinih će 8 protona jače privlačiti elektrone iz ljusaka prema jezgri atoma, za razliku od molekule dušika koja ima 7 protona i koji će slabije privlačiti elektrone prema jezgrama molekule. Tako je elektronski oblak molekule kisika manji je od molekule dušika jer elektrone iz oblaka jače privlači veći pozitivni naboj jezgre.



**Slika 5. Prikaz elektronske strukture molekule kisika i dušika**

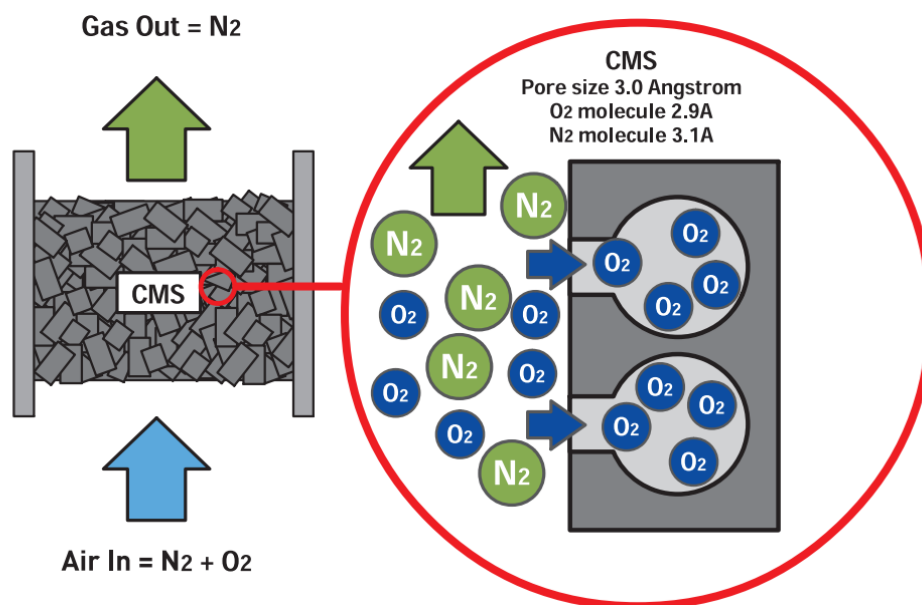
Dimenzija elektronskog oblaka molekule definira veličinu i oblik molekule. Kada se jedna molekula nađe u blizini druge molekule, vanjski oblak molekule u kojem se nalaze elektroni odbijaju jednu molekulu od druge i tako svaka molekula zauzima najpovoljniji položaj i oblik u prostoru.

### 3.2. Adsorpcijski generator dušika

Generatore dušika ovisno o principu rada možemo podijeliti u dvije skupine, na adsorpcijske te na membranske. Adsorpcija je proces u kojem se čestice plina ili kapljevine privlače na površinu krutog tijela. Tijela veće površine imaju veću sposobnost adsorpcije zbog čega se kod adsorpcije često koristi porozni i granulirani materijal. Adsorpcija može biti vrlo selektivna te se zbog toga primjenjuje za razdvajanje ili počišćivanje plinova i kapljevina. Npr. silika-gel adsorbira molekule vode iz vlažnog zraka, aktivni ugljen adsorbira nečistoće iz vode, željezna piljevina adsorbira molekule vodika. Postoje dvije vrste adsorpcije, fizikalna (fizisorpcija) i kemijska (kemisorpcija). Kod fizisorpcije čestice su na površinu privučene fizikalnim silama, van der Waalsova, elektrostatska ili kapilarna, dok su kod kemisorpcije čestice povezane kemijskim silama koje su specifične određenim materijalima i plinovima [2].

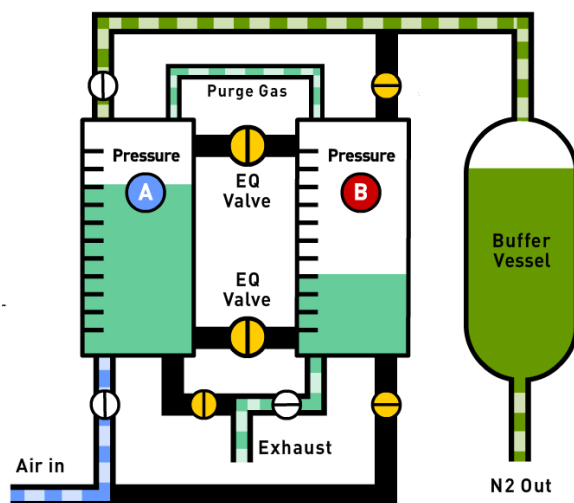
Princip rada adsorpcijskog generatora dušika zasniva se na fizikalnoj adsorpciji (fizisorpciji). Proces fizisorpcije odvija se unutar cilindra ispunjenog poroznim granulama. Granule predstavljaju ugljično molekularno sito (CMS – *carbon molecular sieve*) te se pomoću njih odvija adsorpcija. Granule su veličine oko 1,5 mm, slične su aktivnom ugljenu, ali sa mnogo rjeđim i sitnijim porama (veličine 3 Å). Zrak pod tlakom ulazi u cilindar i prolazi kroz prostor ispunjen granulama, zbog razlike u veličini između molekula kisika (2,9 Å) i dušika (3,1 Å), molekule dušika prolaze pokraj granula dok molekule kisika ostaju zarobljene unutar granula.

Na taj način na izlazu iz cilindra dobiva se dušik koncentracije do 10 ppm. Koncentracija dobivenog dušika raste povećanjem broja granula i ulaznog tlaka zraka, a smanjuje se povećanjem protoka zraka na ulazu.



Slika 6. Prikaz adsorpcije kisika, ugljično molekularno sito (CMS) [5]

Proces adsorpcije u generatoru odvija se u dvije kolone kako bi na izlazu iz generatora izlazio dušik konstantne koncentracije. Naime, adsorpcija se uvijek odvija unutar jednog cilindra dok je drugi u regeneraciji. Regeneracija je potrebna iz razloga što dolazi do zasićenja granula molekulama kisika te započinje padom tlaka u cilindru kada sila više nije dovoljna da zadrži molekule kisika unutar pora granula. Tokom regeneracije kisik se ispušta u atmosferu. Naizmjenične faze adsorpcije i regeneracije određene su vremenski te tvore jedan ciklus generiranja dušika.



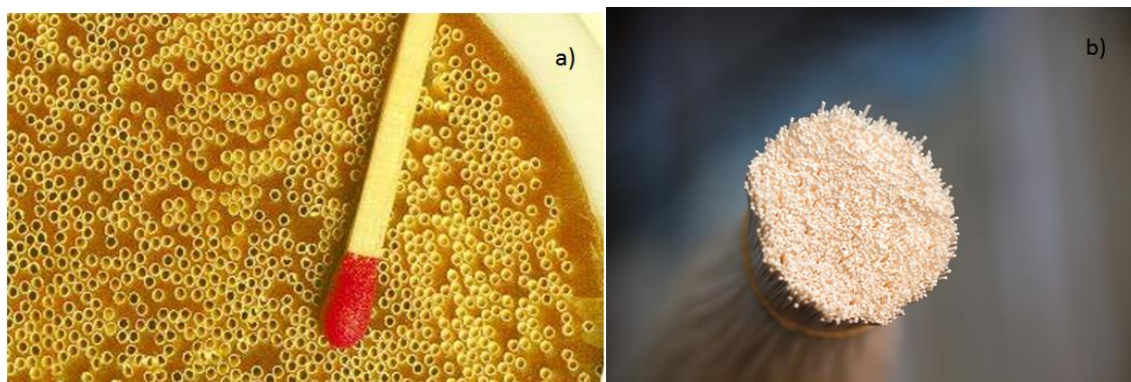
Slika 7. Prikaz rada adsorpcijskog generatora dušika [5]



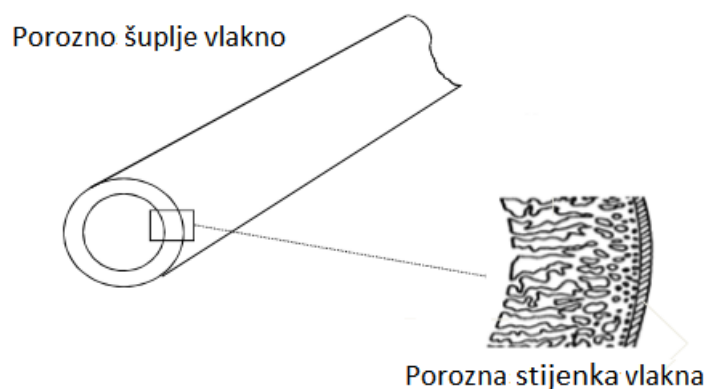
### 3.3. Membranski generator dušika

Rad membranskog generatora dušika kao i kod adsorpcijskog zasniva se na fizikalnom izdvajanju molekula kisika i dušika iz zraka. Za odvajanje kisika od dušika koriste se membrane koje se sastoje od skupa povezanih šupljih cjevčica (Slika 8.). Cjevčice su zapravo šuplja vlakna s poroznom stijenkom (Slika 9.), vlakna su promjera oko 300  $\mu\text{m}$ , porozne stijenke debljine oko 50  $\mu\text{m}$  te vanjskog propusnog ali neporoznog sloja 40 nm (zavisno od proizvođača). Proizvode se proizvodnim procesom ekstruzije kao i klasična vlakna te se uz pomoć struje dušika oblikuje njihova unutarnja šupljina.

Vlakna se umeću u kućište u točno određenoj gustoći i tvore tzv. *shell tube*. Optimalna ispunjenost kućišta vlaknima iznosi oko 50 %.



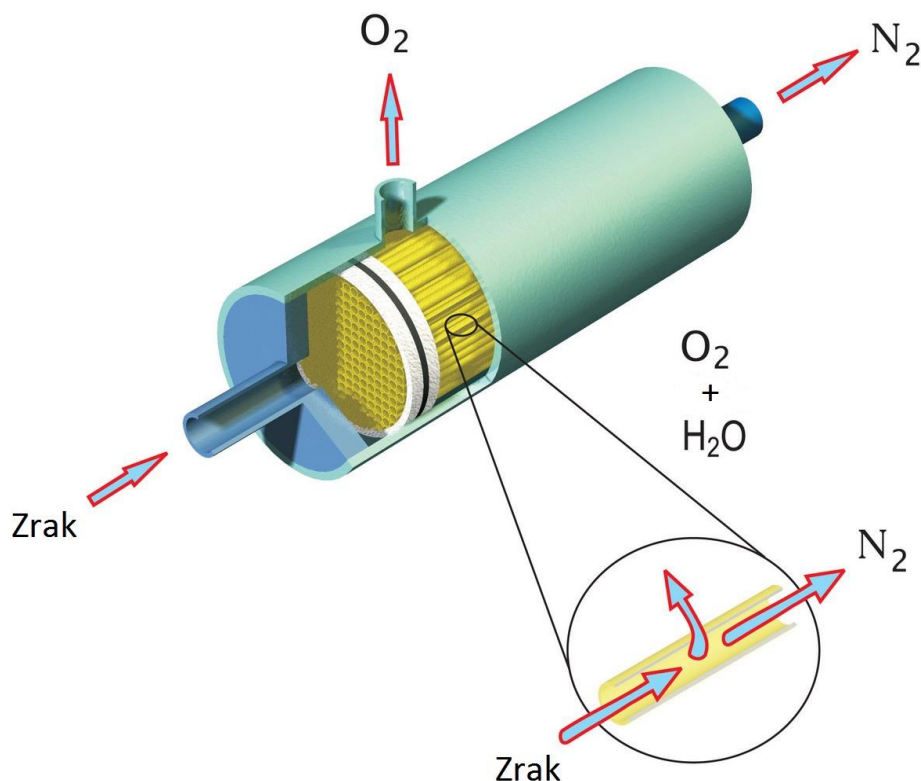
Slika 8. Membrane: a) raspored vlakana, b) snop vlakana [4]



Slika 9. Prikaz poroznog vlakna membrane

Zrak ulazi u membranu te struji kroz cjevčice, zbog razlike u fizikalnim svojstvima (masa, veličina) molekule dušika i vode prolaze kroz poroznu stijenku i dolaze do vanjskog polupropusnog sloja, tj. nakupljaju se u prazninama stijenke te se tako stvara velika koncentracija kisika i vode. Zbog razlike u koncentraciji molekula kisika i vode između stijenke i atmosfere, dolazi do procesa difuzije gdje molekule prolaze kroz vanjski sloj stijenke prema stanju manje koncentracije, tj. u atmosferu. Molekule dušika nastavljaju prolaziti kroz cjevčice i izlaze na kraju membrane (Slika 10.). Takvim načinom dobiva se koncentracija dušika do 99,5 % s veoma malim udjelom vlage.





Slika 10. Prikaz membranskog izdvajanja dušika [7]

Trenutno u svijetu postoje četiri proizvođača membrana za generatore dušika. Membrane različitih proizvođača razlikuju se uglavnom u gustoći slaganja vlakana te samim time i radnim vijekom membrane kao i maksimalnim tlakom te protokom.

Vodeći proizvođači membrana jesu:

- Generon
  - Simetrična vlakna izrađena od polikarbonata, prigodna za rad do 24 bar, potrebno grijanje zraka kako bi se omogućila difuzija kisika, radni vijek oko 4 godine, izražen godišnji pad efikasnosti (17 %)
- Permea
  - Asimetrična vlakna izrađena od polisulfona (PSU), prevučena silikonom, potrebno grijanje zraka kako bi se omogućila difuzija kisika
- Medal & UBE
  - Asimetrična vlakna izrađena od poliimida (PI) prevučena raznim premazima
- Parker
  - Asimetrična vlakna izrađena od polifenilen oksida (PPO), radni vijek do 10 godina.

## 4. POSLOVNO I TEHNIČKO OKRUŽJE RAZVOJA GENERATORA DUŠIKA NitroOne

Inicijativa za razvoj industrijskog generatora dušika započela je 2013. godine u hrvatsko-slovenskoj suradnji dviju tvrtki, Fering-fit d.o.o. i L-tek d.o.o. Tvrtke su sklopile ugovor o suradnji kako bi proširile svoj proizvodno-prodajni asortiman te tako povećale konkurentnost i ojačale svoj status na tržištu. Razvijenom generatoru dano je ime *NitroOne*. Zbog iznimno veće složenosti adsorpcijskog generatora odlučeno je da će razvijani generator biti membranskog tipa. Naime, navedena složenost adsorpcijskog generatora nema tehnološki-tržišnu zasnovanost. Generator je razvijen s ciljem da zadovoljava potrebe prehrambene industrije, i koncentracije zaostalog kisika do 0,5 %. Generator se može primijeniti i u drugim područjima industrije kao što su: postupci lemljenja, lijevanja lakih i obojenih metala, plinskog injekcijskog prešanja, ali i za razne druge namjene kao što je čuvanje umjetnina u kontroliranoj atmosferi u muzejima i umjetničkim galerijama. U trenutku pisanja ovog rada isporučeno je 10 generatora dušika raznim tvrtkama, većinom prehrambene industrije. Neke od tih tvrtki jesu: Kz-Metlika, Mostarska pivovara, Eurocompany, Badel 1862, Entraf, Clarum d.o.o., Vina Markota, Danica d.o.o. (Slika 39.) i L-tek d.o.o. (Slika 11.).

Trenutno u svijetu postoji veći broj tvrtki koje proizvode generatore dušika, a neke su od poznatijih: Inmatec [9], Parker [10], AtlacCopco [11], IGS Generon [12] i South-Tek Systems [13]. NitroOne je jedini generator na tržištu Hrvatske i Slovenije koji predstavlja nacionalni proizvod te se i na taj način pokušava probiti na tržište.

Procijenjena je minimalna godišnja isplativa proizvodna količina od četiri komada uređaja. Trenutno nije isplativa vlastita proizvodnja dijelova i sklopova koji se kupuju kao gotovi proizvodi zbog malih proizvodnih količina. Ukoliko bi izlazak na šire tržište rezultirao većim brojem prodanih uređaja, a samim time i povećanjem proizvodnih količina, otvorila bi se mogućnost razmatranja vlastite proizvodnje određenih dijelova i sklopova kao što su kućište i tipke upravljačkog računala te obujmice. Takva proizvodnja bila bi održiva samo uz veoma velike količine te uz proizvodnju drugih dijelova ili proizvoda. Vlastita proizvodnja membrana, filtera, ventila i regulatora nije isplativa također iz razloga malih proizvodnih količina, a postoji i nedostatak mogućih kooperanata u regiji.

Tokom razvoja generatora korištena su brojna iskustvena i praktična znanja ljudi koji se već dugi niz godina bave procesnom i elektroničkom industrijom. Također, korišteni su programski paketi: CATIA V5, AutoCad 2014, MS Excel, MS Visio te Simulink. Generator je izrađen u skladu s normama opisanim u točki 5.4.



Slika 11. Primjer upotrebe generatora NitroOne pri selektivnom lemljenju u tvrtki L-tek

#### 4.1. Fering-fit d.o.o. i L-tek d.o.o.

**Fering-fit d.o.o.** vodeća je hrvatska tvrtka u regiji koja se bavi specijalističkom tehnologijom filtracije, a posebice proizvodnjom i pripremom komprimiranog zraka i ostalih medija te njihovim testiranjem. Sjedište tvrtke nalazi se u Zagrebu, na adresi Maksimirska 32. Također posjeduje dva skladišta, u Splitu te u blizini graničnog prijelaza Bregana, gdje je otvorena podružnica Filtec. Trenutno zapošljava 15 stručno osposobljenih ljudi [14].

Tvrtka obavlja djelatnosti u skladu sa standardima ISO 9001:2000 već oko 15 godina. Svoj rad obavlja veoma uspješno u Sloveniji, Hrvatskoj i BiH, zastupajući više stranih tvrtki. Osim prodaje, posjeduje servisno-tehničku podršku. Osigurava pripremu plinova i kapljevina do sterilnosti, brzu dostupnost rezervnih dijelova i opreme, s ciljem rješavanja problema u što kraćem roku. Posjeduje uređaje za testiranje integriteta sterilnih plinskih filtera i filtera kapljevina te uređaj za testiranje ulja i vode u komprimiranom zraku.

Tvrtka osigurava servisno prodajnu podršku za sljedeće proizvode:

1. Filtracija plinova i tekućina
  - Filteri za komprimirani zrak te ostale plinove, Filteri za paru, Pročišćivači CO<sub>2</sub>, Filteri tekućina, Filter kućišta, Testni uređaji (Valairdata, Porecheck)
2. Priprema komprimiranog zraka
  - Vodni separatori, Filteri, Kondenzacijski lonci, Rashladni sušaći, Adsorpcijski sušaći komprimiranog zraka, Separatori ulje/voda, Hladnjaci zraka (*aftercooler*)
3. Industrijski kompresori te popratna oprema i alati
4. Generatori tehničkih plinova
  - Generator N<sub>2</sub>, Generator H<sub>2</sub>, *Zero air* generator, Generator za uklanjanje CO<sub>2</sub> i pročišćavanje zraka
5. Hladnjaci vode i ostalih rashladnih tekućina
6. Izmjenjivači topline
  - Izmjenjivači topline, uparni sustavi i sustavi za dealkoholizaciju
7. Pneumatska automatika i proizvodi za rad u vacuumu
8. Filtracija medija u motorima s unutarnjim izgaranjem
  - Filteri ulja, zraka, motornog goriva, alternativnih goriva, plinova iz kućišta motora.

**L-TEK d.o.o.** slovenska je tvrtka smještena u Šentjerneju, na adresi Obrtna cesta 18 [15]. Tvrtka se bavi razvojem i proizvodnjom elektroničkih modula i elektromehaničkih komponenti za elektroničku industriju. Osnovana je 1994. godine te od tada bilježi konstantan poslovni i proizvodni razvoj, zapošljavajući 68 ljudi. Obavlja djelatnosti u skladu s normom ISO 9001:2000, ali i normom ISO 14001 ekološke zaštite te normom ISO 13485 za proizvodnju medicinske opreme.

Proizvodni program tvrtke:

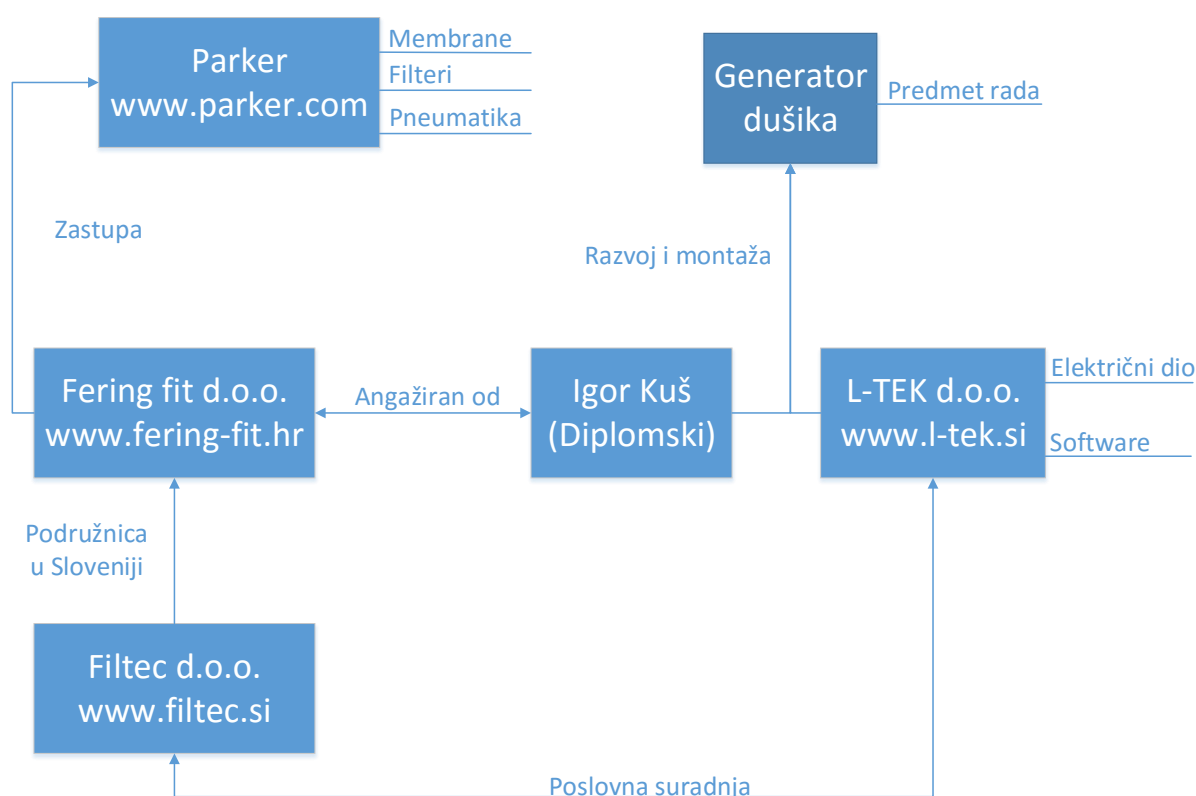
1. Izrada i montaža tiskanih pločica (PCB)
  - Testiranje i izrada PCB, primjena površinske montaže (SMT) gdje se izvodi nalaze s iste strane pločice kao i komponente
2. Razvoj proizvoda, od ideje do prototipa
  - Izrada tehničke dokumentacije, izrada softvera, ispitivanje i testiranje uređaja
3. Zastupstvo za KEIL/ARM.

Uloga tvrtke L-tek je izrada tehničke dokumentacije, montaža i testiranje generatora te razvoj upravljačkog računala. Fering-fit zajedno sa svojom podružnicom Filtec osigurava nabavu dijelova za montažu: membrane, Parkerovu pneumatiku, filter elemente i kućišta. Tvrtka Fering-fit također je zadužena za uspostavljanje servisne i prodajne mreže na području Hrvatske, Slovenije i BiH.

Započeta suradnja navedenih dviju tvrtki otvorila je mogućnost za izradu ovog diplomskog rada. Svrha ovog rada je **razviti unaprijeđeni tehnički učinkovit i tržišno konkurentan generator**, ali i time **osnažiti poslovanje i suradnju** dviju **tvrtki**. Naime, u početku pisanja

ovog rada postojala je osnovna verzija generatora NitroOne te je razvoj nastavljen upravo ovim radom: kako bi se ostvario konkurentniji proizvod te odgovorilo na zahtjeve korisnika započeo je razvoj naprednije verzije generatora imena NitroOne-S. Napredna verzija posjeduje ekonomičan način rada te je time generator postao energetski učinkovitiji. Za vrijeme izrade ovog diplomskog rada proizveden je NitroOne-S te se nalazi u ponudi obje tvrtke.

Prije početka razvoja generatora, nakon što su tvrtke donijele odluku o mom sudjelovanju u ovom projektu, morao sam završiti obuku o osnovnim područjima procesne industrije vezanim za generator dušika. Prvi dio obuke odvijao se preko Parkerovog e-učenja [5] dok se drugi dio obuke odvijao u Parkerovom centru za obuku, Newcastle, Engleska. Nakon završenog *on-line* tečaja stekao sam znanje na području filtracije i onečišćenja zraka te uporabe industrijskih plinova, a za položen tečaj dobio sam odgovarajuće certifikate (prilozi 1. do 3.). Drugi dio obuke trajao je pet dana te se sastojao od teoretskog i praktičnog dijela. Nakon završene obuke stekao sam potrebno znanje o generatorima plinova, ali i uređajima vezanim za njihov pravilan rad te dobio certifikat (Prilog 4.) kojime sam ovlašten za održavanje Parker generatora plinova za tvrtku Fering-fit d.o.o..



**Slika 12. Blokovski prikaz poslovne suradnje za razvoj generatora dušika**

## 4.2. Izračun isplativosti generatora dušika

Odnos troškova dobivenog dušika iz generatora te kupovnog dušika pohranjenog u spremnicima pod tlakom prikazan je u daljnjem tekstu.

Za proizvodnju dušika generator koristi postojeći zrak pod tlakom te električnu energiju potrebnu samo za upravljačko računalo (80 W).

Narednim izrazom računa se cijena za 1 m<sup>3</sup><sub>n</sub> dušika:

$$A \cdot E \cdot C \quad (1)$$

pri čemu su:

$A$  – količina potrebnog komprimiranog zraka da se proizvede 1 m<sup>3</sup><sub>n</sub> N<sub>2</sub> koncentracije 99,5 %

$E$  – energija potrebna da kompresor proizvede 1 m<sup>3</sup><sub>n</sub> komprimiranog zraka tlaka 7 bar

$C$  – cijena električne energije u Hrvatskoj.

Da bi se proizvelo 6,1 m<sup>3</sup><sub>n</sub> dušika koncentracije 99,5 % potrebno je 36 m<sup>3</sup><sub>n</sub> dušika stanja 7 bar (prilozi 7. i 8.), što govori da je za 1 m<sup>3</sup><sub>n</sub> dušika potrebno 5,9 m<sup>3</sup><sub>n</sub> komprimiranog zraka (varijabla  $A$  u izrazu (1)).

Kompresor za 1 m<sup>3</sup><sub>n</sub> komprimiranog zraka tlaka 7 bar utroši 0,111 kW (varijabla  $E$  u izrazu (1)).

Uzme li se da je cijena električne energije u Hrvatskoj: 1 kW = 0,06 EUR (varijabla  $C$  u izrazu (1)), slijedi:

$$A \cdot E \cdot C = 5,9 \cdot 0,111 \cdot 0,06 = 0,039 \frac{\text{EUR}}{\text{m}_n^3} = 0,29 \frac{\text{HRK}}{\text{m}_n^3} \quad (2)$$

$$1 \text{ m}_n^3 \text{ N}_2 = 0,29 \frac{\text{HRK}}{\text{m}_n^3} \quad (3)$$

$$1 \text{ kmol} = 22,41 \text{ m}_n^3 \rightarrow m = N \cdot M = \frac{1}{22,41} \cdot 28,016 = 1,25 \text{ kg} \quad (4)$$

$$1 \text{ kg N}_2 = 0,8 \text{ m}_n^3 \text{ N}_2 \cdot 0,039 \frac{\text{EUR}}{\text{m}_n^3} = 0,0312 \text{ EUR} = 0,23 \text{ HRK}. \quad (5)$$

Zaključuje se kako kilogram dušika proizvedenog generatorom dušika iznosi 0,23 HRK.

Informativna cijena za 1 kg dušika pohranjenog u spremniku pod tlakom iznosi 8,00 HRK (MESSER CROATIA PLIN). Jedan spremnik sadrži 11,25 kg dušika, pa slijedi:

$$1 \text{ m}_n^3 \text{ N}_2 = 8 \cdot 1,25 \text{ HRK} = 10 \text{ HRK} \quad (6)$$

$$\frac{\text{Dušik iz boce}}{\text{Generirani dušik}} = \frac{8}{0,29} = 27,6. \quad (7)$$

Dakle, kupovni je dušik u spremniku pod tlakom 27,6 puta skuplji od dušika koji proizvodi generator dušika. Doduše, isplativost generatora dušika je nešto manja zbog početne investicije kroz kupovinu te održavanja generatora.

## 5. RAZVOJ GENERATORA DUŠIKA NitroOne

Razvijani generator nazvan imenom NitroOne spada u vrstu membranskih generatora dušika (Slika 13.). Generator je razvijen u skladu s potrebama industrije gdje su zahtjevi za koncentracijom zaostalog dušika do 0,5 %. Princip rada zasniva se na fizikalnom odvajanju kisika od dušika iz zraka. Za rad generatora potreban je komprimirani zrak te električna energija, stoga je jednostavan za instalaciju. Povrat investicije u prosjeku je 24 mjeseci te iziskuje veoma jednostavno održavanje. Važno je napomenuti da NitroOne ne spada pod direktivu posuda pod tlakom što ga čini uređajem jednostavnim i sigurnim za rukovanje. NitroOne prvi je generator dušika konstruiran u Hrvatskoj.



Slika 13. Generator dušika NitroOne

## 5.1. Opis principa rada generatora dušika

[REDACTED]

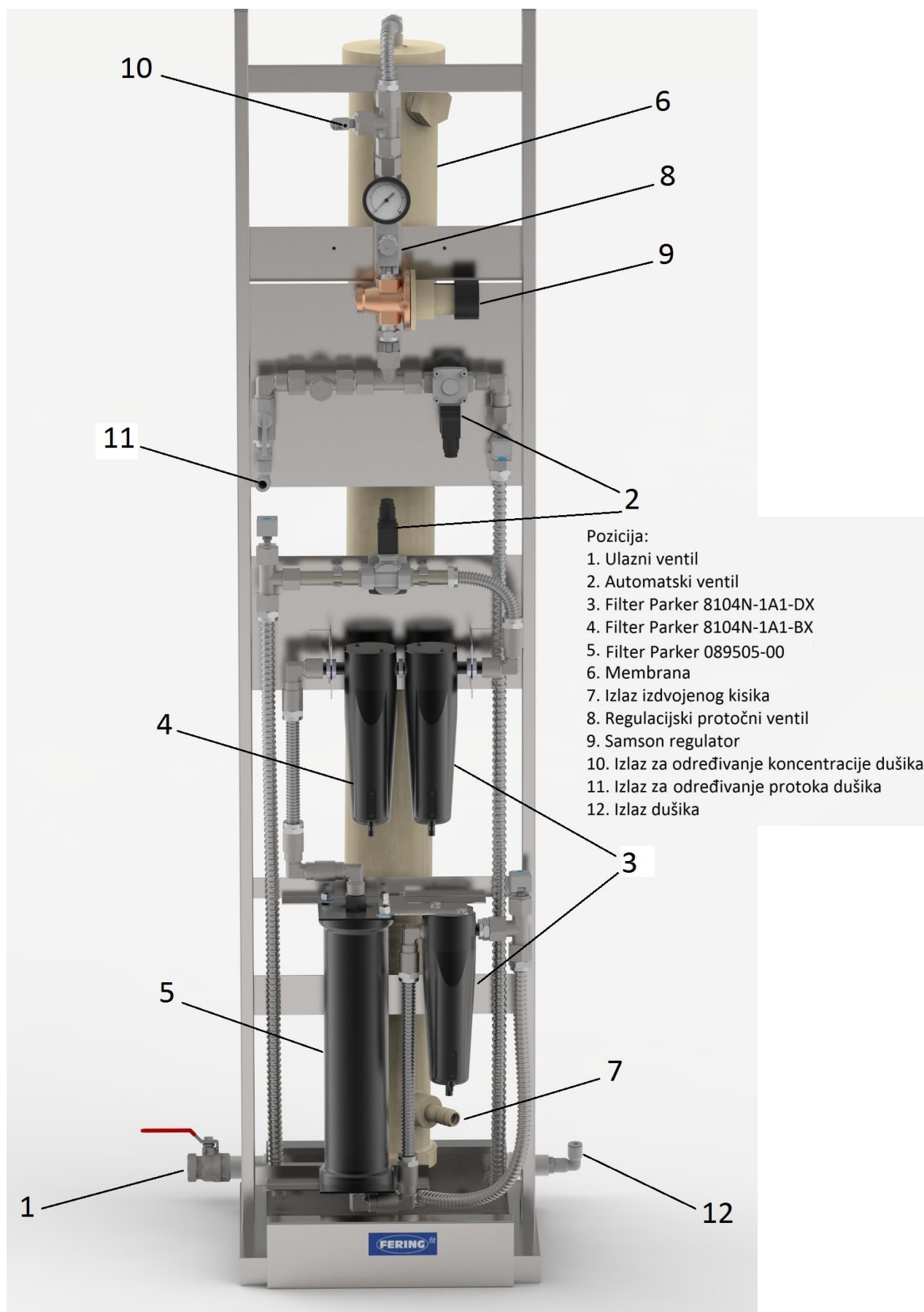
[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]





Slika 14. Model generatora NitroOne s prikazanim pozicijama glavnih elemenata

## 5.2. Tehničke karakteristike

Tablica 4. daje tehničke karakteristike generatora NitroOne, i to za optimalne radne uvjete i stanje okoliša generatora: ulazni tlak zraka 7 bara, temperatura okoliša 20 °C i tlak okoliša 1013 mbar. Slika 15. daje primjer identifikacijske pločice generatora.

**Tablica 4. Tehničke karakteristike generatora NitroOne**

Karakteristike dušika na izlazu iz generatora						
Čistoća isporučenog dušika	od 5 do 0,5 % udjela O <sub>2</sub>					
Kapacitet proizvedenog dušika						
Koncentracija dušika, %	99,5	99	98	97	96	95
Količina (kapacitet) isporučenog dušika, m <sup>3</sup> /h	6,1	8,5	12,3	16,5	19,5	24,3
Pad tlaka u uređaju, bar	do 2					
Dimenzije						
Dimenzije (VxŠxD), mm	1800 x 450 x 450					
Masa, kg	70					
Priključci						
Ulaz zraka	R 1“ N					
Izlaz dušika	R 1“ N					
Izlaz kisika	R 3/4“ N					



**Slika 15. Primjer identifikacijske pločice generatora NitroOne**

### 5.3. Uvjeti za rad

Za siguran rad generatora potrebno je osigurati da generator radi u uvjetima koji su izneseni u tablici 5, a koji sadrže procesno-energetske zahtjeve i zahtjeve iz normi.

**Tablica 5. Energetsko procesni zahtjevi za rad generatora**

Ulazni komprimirani zrak						
Kvaliteta ulaznog zraka prema	ISO 8573-1:2010 klasa 3.4.3.					
Potreban kapacitet zraka na ulazu, tlaka 7 bar						
Koncentracija dušika, %	99,5	99	98	97	96	95
Potreban kapacitet zraka na ulazu, m³/h	36	38	41	48	50	56
Minimalni ulazni tlak zraka, bar	4					
Maksimalni ulazni tlak zraka, bar	13					
Dopuštena koncentracija ulja, mg/m³	< 1					
Temperatura točke rosišta, °C	< 3					
Temperatura zraka na ulazu, °C	10-40					
Radni prostor						
Temperatura okoliša, °C	10-40					
Razina buke, dB	< 45					
Električna energija						
Direktiva za elektromagnetsku kompatibilnost s uređajima u okolini (ECM)	NEN-EN-IEC 61000-6-3:2001 NEN-EN-IEC 61000-6-1:2001					
Direktiva za niskonaponske uređaje	NEN EN 60204-1:2001					
Napon električne mreže	90-250 VAC/50-60 Hz					
Potrošnja električne energije, W/(m³ dušika)	111					
Osigurač	3,15 A, 250V					
Kvaliteta i ekologija						
Osiguranje kvalitete	ISO 9001:2000					
Ekološka zaštita	ISO 14001:2004					

Rad generatora NitroOne pa tako i sama proizvodnja dušika zavisi o nekoliko parametara: protoku, tlaku i temperaturi. Povećanjem količine protoka narinutog zraka kroz membranu smanjuje se udio molekula zraka koje prolaze kroz stijenku membrane te se tako smanjuje čistoća dobivenog dušika, tj. povećava se udio zaostalog kisika. Optimalan rad generatora NitroOne je pri temperaturi od 20 do 25 °C. Povećanjem okolišne temperature zraka povećava

se i količina protoka zraka što uzrokuje smanjenje čistoće dušika. Povećanjem tlaka na membrani povećava se kapacitet proizvodnje dušika. Stanje okolišnog tlaka mora biti jednako atmosferskom stanju kako bi kisik mogao izlaziti iz membrane. Kako bi se odredila točna potrebna količina zraka na ulazu za dobivanje željenog izlaznog protoka dušika, ali u uvjetima različitim od optimalnih, napravljeni su korekcijski faktori koji su dani u u tablicama 6. do 8. Za dobivanje točne količine protoka zraka na ulazu potrebno je nominalne protoke pomnožiti s korekcijskim faktorom.

**Tablica 6. Korekcijski faktori za različite ulazne tlakove zraka**

<b>Tlak</b>										
<b>bar</b>	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>psi</b>	58	73	87	101	116	130	145	160	174	190
<b>Korekcijski faktor</b>	0,35	0,51	0,76	1,0	1,2	1,4	1,6	1,9	2,1	2,4

**Tablica 7. Korekcijski faktor protoka za različite temperature okoliša**

<b>Koncentracija dušika, %</b>	<b>99,5</b>	<b>99</b>	<b>98</b>	<b>97</b>	<b>96</b>	<b>95</b>
10 °C / 50 °F	0,9					
30 °C / 86 °F	1					
40 °C / 104 °F	0,6	0,8	1		1,1	

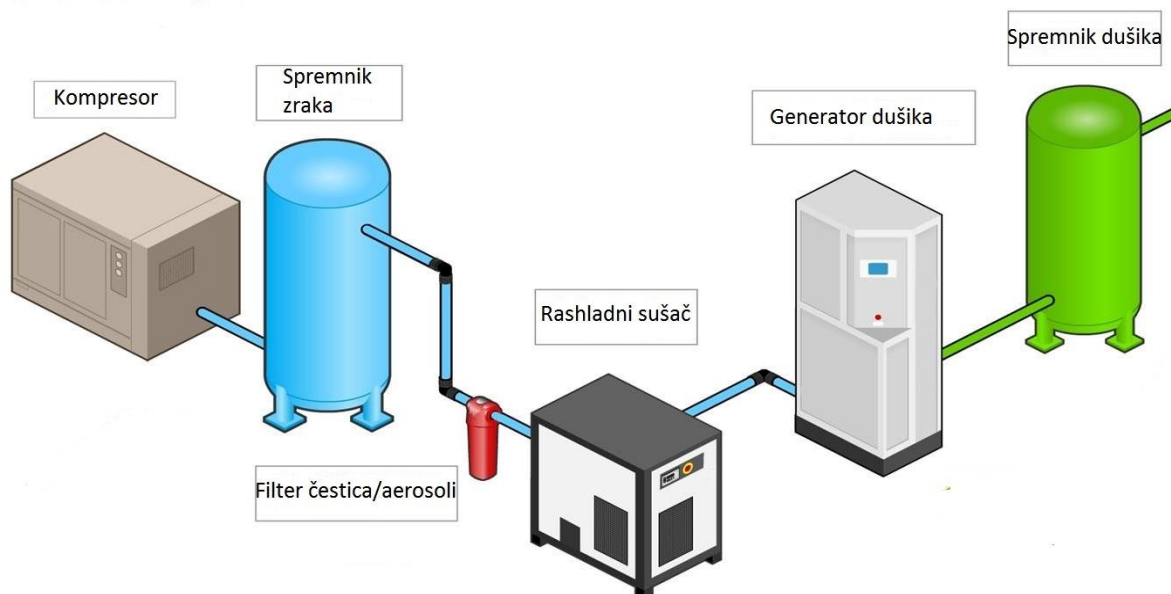
**Tablica 8. Korekcijski faktor protoka za različite temperature ulaznog zraka**

<b>Koncentracija dušika, %</b>	<b>99,5</b>	<b>99</b>	<b>98</b>	<b>97</b>	<b>96</b>	<b>95</b>
10 °C / 50 °F	0,9					
30 °C / 86 °F	1,1					
40 °C / 104 °F	1,2					

Generator NitroOne ne može samostalno proizvoditi struju dušika, priključenjem na električnu mrežu i uzimanjem zraka iz okoliša, već je do generatora potrebno dovesti struju stlačenog zraka. Da bi se zadovoljila potrebna kvaliteta zraka prema normi ISO 8573-1:2010, klasa 3.4.3 potreban je niz prethodno instaliranih uređaja (Slika 16.):

- Kompresorom se mora osigurati minimalan tlak od 4 bar protoka zraka 12,6 m<sup>3</sup>/h.
- Rashladnim sušačem i odvodnjom kondenzata mora se postići temperatura točke rosišta niža od 3 °C, kako bi se spriječilo stvaranje kondenzata u membrani zbog pada tlaka i temperature.

- Filtracijom čestica i aerosoli ulja i vode, uklanjaju se strane čestice veličine od  $0,5 \mu\text{m}$  te se postiže koncentracija aerosoli ulja i vode manja od  $1 \text{ mg/m}^3$ .



Slika 16. Procesno postrojenje proizvodnje dušika [5]

#### 5.4. Norme korištene pri razvoju generatora dušika

Generator dušika NitroOne razvijen je u skladu s međunarodnim normama te u skladu s propisima Europske unije.

Međunarodna organizacija za standarde – ISO (*International Standards Organization*) je najveći svjetski kreator i izdavač međunarodnih normi, sastoji se od mreže nacionalnih institucija za norme iz 157 zemalja. Od 1947., kada je osnovana, do danas, izdano je više od 20 000 međunarodnih normi pokrivajući gotovo svaku industriju, od poljoprivrede do zdravstva. Međunarodne norme uvedene su kako bi se osigurala sigurnost, pouzdanost i kvaliteta proizvoda i usluga. Predstavljaju strateški alat kojim je moguće poboljšati rad sustava, povećanjem produktivnosti te smanjenjem troškova i pogrešaka [18].

##### 5.4.1. Osiguranje kvalitete ISO 9001:2000 [18]

ISO 9000 je niz normi koje su uvedene s ciljem uspostavljanja međunarodnih zahtjeva za sustave osiguranja kvalitetom. Jedna od četiri osnovne Norme ISO 9000 je ISO 9001 (*Quality systems – Model for Quality assurance in design/development, installation and servicing*) koja predstavlja zahtjeve uvedene u cilju uspostavljanja međunarodnih normi za sustave upravljanja kvalitetom. Ovu normu mogu koristiti tvrtke raznih profila, bitno je da ispunjavaju zahtjeve kupca, da dobro razumiju zahtjeve i stvore odgovarajući pristup procesima, kontinuirano prate i mjere procese te poboljšavaju svoj rad prema metodologiji *Plan Do Check Act*.

Norma ISO 9001:2000 specificira zahtjeve za sustav upravljanja kvalitetom u kojem proizvođač treba pokazati svoju sposobnost za dosljedno pružanje proizvoda koji zadovoljava kupca učinkovitim primjenom sustava, uključujući projekte za trajno poboljšanje sustava i osiguravanjem sukladnosti sa zahtjevima kupaca i primjenjivim regulatornim zahtjevima. Svi zahtjevi ove međunarodne norme su generički i namijenjeni su da budu primjenjivi na sve organizacije bez obzira na veličinu i vrstu proizvoda/usluga koje pružaju. Ako se neki uvjet iz ove norme ne može primijeniti zbog prirode organizacije ili proizvoda, tada se može isključiti, no samo u slučaju da takvi izuzetci ne utječu na sposobnost i odgovornost organizacije u pružanju proizvoda/usluga koji zadovoljava kupca i primjenjive regulatorne zahtjeve.

Struktura je norme ISO 9001:2000:

1. Opseg
2. Normativna referenca
3. Uvjeti i definicije
4. Sustav upravljanja kvalitetom
5. Odgovornost rukovodstva
6. Upravljanje resursima
7. Realizacija proizvoda
8. Mjerenje, analiza i poboljšanje.

Postoje tri modula (E, D i H) sustava upravljanja kvalitetom koji zahtijevaju da proizvođač mora rukovoditi sustavom kvalitete koji je odobren. Opseg sustava kvalitete koje zahtijevaju ti moduli vezan je za:

1. Inspekciju i testiranje završnog proizvoda (modul E)
2. Proizvodnju, završnu inspekciju i testiranje (modul D)
3. Dizajn, proizvodnju te inspekciju i testiranje gotovog proizvoda (modul H).

#### **5.4.2. Onečišćenje i čistoća komprimiranog zraka (ISO 8573)**

Norma ISO 8573 je dio ISO sustava normi koje predstavlja klasifikaciju čistoće komprimiranog zraka s obzirom na najčešće nečistoće: krute čestice, vodu i ulje (Tablica 10. I Tablica 11.), neovisno u kojem je dijelu komprimiranog zraka čistoća izmjerena. Norma daje uvid u općenite informacije o nečistoćama u sustavima komprimiranog zraka, odnosno zahtjevima za čistoću komprimiranog zraka. Osim navedenih onečišćivača pojavljuju se i plinoviti i mikrobiološki onečišćivači.

Krute čestice, voda i ulje su najčešći onečišćivači komprimiranog zraka prema čijem se udjelu komprimirani zrak može klasificirati. Svaka klasa određena je koncentracijom čestica onečišćivača definiranih veličina.

U tablici 9. prikazane su klase i pripadajući rasponi svakog onečišćivača. Granice raspona usklađene su s vrijednostima koje se mogu naći u praksi. Za čestice veće od 5  $\mu\text{m}$  klasifikacija od 1-5 se ne može primijeniti.

**Tablica 9. Klase čistoće komprimiranog zraka [5]**

Klasa	Maksimalni broj čestica/ $\text{m}^3$ kao funkcija veličine čestica $d^*$		
	$0,1 \mu\text{m} < d \leq 0,5 \mu\text{m}$	$0,5 \mu\text{m} < d \leq 1,0 \mu\text{m}$	$1,0 \mu\text{m} < d \leq 5,0 \mu\text{m}$
0	Prema navodu korisnika ili dobavljača opreme, stroži od klase 1		
1	$\leq 20\,000$	$\leq 400$	$\leq 10$
2	$\leq 400\,000$	$\leq 6\,000$	$\leq 100$
3	Nije specificirano	$\leq 90\,000$	$\leq 1\,000$
4	Nije specificirano	Nije specificirano	$\leq 10\,000$
5	Nije specificirano	Nije specificirano	$\leq 100\,000$
–	Koncentracija mase čestica u zraku* $C_p, \text{mg}/\text{m}^3$		
6	$0 < C_p \leq 5$		
7	$5 < C_p \leq 10$		
X	$C_p > 10$		

\* pri normalnim uvjetima:  $\theta = 20\,^\circ\text{C}$ ,  $p = 100\,\text{kPa}$ , relativni tlak vodene pare = 0 bar

**Tablica 10. Klase čistoće s obzirom na onečišćenje vodom i vlagom [5]**

Klasa	Tlak točke rosišta, °C
0	Prema navodu korisnika ili dobavljača opreme, stroži od klase 1
1	$\leq -70$
2	$\leq -40$
3	$\leq -20$
4	$\leq +3$
5	$\leq +7$
6	$\leq +10$
–	Koncentracija mase H <sub>2</sub> O u zraku* $C_w, \text{g/m}^3$
7	$C_w \leq 0,5$
8	$0,5 < C_w \leq 5$
9	$5 < C_w \leq 10$
X	$C_w > 10$

\* pri normalnim uvjetima:  $\theta = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $p = 100 \text{ kPa}$ , relativni tlak vodene pare = 0 bar

**Tablica 11. Klase nečistoće s obzirom na onečišćenje uljem [5]**

Klasa	Koncentracija ukupnog ulja* (tekućina, aerosol i vlaga), $\text{mg/m}^3$
0	Prema navodu korisnika ili dobavljača opreme, stroži od klase 1
1	$\leq 0,01$
2	$\leq 0,1$
3	$\leq 1$
4	$\leq 5$
X	$> 5$

\* pri normalnim uvjetima:  $\theta = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $p = 100 \text{ kPa}$ , relativni tlak vodene pare = 0 bar



### 5.4.3. Ekološka zaštita ISO14001:2004

Norma ISO 14001:2004 određuje procedure oblikovanja i praćenja utjecaja na okolišne regulira utjecaj na okoliš. Primjenjuje se na procese, aktivnosti i proizvode koji imaju utjecaja na okoliš.

Okoliš, zrak, voda, tlo, prirodni izvori, flora, fauna, ljudi i njihovi međusobni odnosi, okruženje su u kojem neka organizacija djeluje. Norma ISO 14001:2004 Sustavi upravljanja okolišem navodi zahtjeve za sustav upravljanja okolišem koji će organizaciji omogućiti razvoj i primjenu politike i ciljeva koji uzimaju u obzir zakonske zahtjeve i informacije o značajnim aspektima okoliša. Osnovna je svrha ove međunarodne norme potpora u zaštiti okoliša i sprečavanju onečišćenja u ravnoteži s društveno-ekonomskim potrebama.

Politika upravljanja okolišem mora dati okvir za postavljanje i preispitivanje općih i pojedinačnih ciljeva. Propisana politika mora biti dostupna javnosti i mora se priopćavati svim osobama koje rade u organizaciji.

Organizacija mora uspostaviti, primijeniti i održavati dokumentirane opće i pojedinačne ciljeve na odgovarajućim funkcijama i razinama unutar organizacije. Opći i pojedinačni ciljevi moraju biti mjerljivi, kad je to moguće, i u skladu s politikom upravljanja okolišem, uključujući opredjeljenje za sprečavanje onečišćenja, sukladnost s odgovarajućim zakonskim zahtjevima i s drugim zahtjevima na koje se ta organizacija obvezala te opredjeljenje za trajno poboljšavanje [18].

### 5.4.4. Europske Direktive vezane za električnu i elektroničku opremu

Postoje dvije glavne Europske Direktive koje se primjenjuju na električnu i elektroničku opremu u svezi zdravlja, sigurnosti i izvođenja:

- Direktiva o niskom naponu postavlja zahtjeve koji pokrivaju sve sigurnosne i zdravstvene rizike vezane za elektroničku opremu koja radi pod određenim naponskim rasponima.
- Direktiva o elektromagnetskoj usklađenosti postavlja zahtjeve kako bi spriječila utjecaj elektromagnetskih smetnji na električnu i elektroničku opremu ili smetnje koje ti uređaji mogu uzrokovati.

Direktiva za elektromagnetsku kompatibilnost s uređajima u okolini (ECM):

- NEN-EN-IEC 61000-6-3:2001
- NEN-EN-IEC 61000-6-1:2001.

Direktiva o elektromagnetskoj usklađenosti postavlja zahtjeve koje uređaju ili sustavi moraju ispuniti kako bi radili na zadovoljavajuć način u svojem elektromagnetskom okruženju te da ne stvaraju štetne elektromagnetske smetnje drugoj opremi ili sustavima u okruženju kako bi se spriječio utjecaj elektromagnetskih smetnji na električnu i elektroničku opremu ili smetnje koje ti uređaji mogu uzrokovati.

Elektromagnetska kompatibilnost (EMC) predstavlja posebno područje unutar elektrotehnike koja se bavi problemima nastajanja i širenja elektromagnetskih smetnji te njihova djelovanja na osjetljivu elektroničku opremu. Direktiva na vrlo jasan način daje upute o iznošenju elektrotehničkih proizvoda na tržište europske unije. Glavni dijelovi Direktive propisuju: bitne zahtjeve na proizvod, postupak ocjenjivanja proizvoda glede ispunjenja EMC zahtjeva, sadržaj tehničke dokumentacije i izjave o sukladnosti, CE označavanje, kriterije za ocjenu ispitnih laboratorija. Direktive donosi točno određene zahtjeve koje moraju ispuniti aparati i oprema koja se proizvodi i prodaje, odnosno koja je namijenjena za uporabu isključivo na nepokretnim instalacijama [5].

## 5.5. Oblikovanje modela generatora dušika NitroOne pomoću računala

Oblikovanje 3D modela generatora dušika pomoću računala važan je segment kako u početnom, tako i u daljnjem razvoju i realizaciji generatora. Prednosti koje su u konkretnom slučaju dobivene izradom 3D modela jesu:

- Olakšana izrada sklopnih i radioničkih crteža
- Vizualizacija i dizajn uređaja
- Olakšana montaža uređaja (olakšan uvid monteru)
- Projektiranje virtualnih procesnih postrojenja i proizvodnih pogona.

Prilikom oblikovanja modela korišten je operativni sustav Windows 8, na prijenosnom računalu Dell Inspirion 15R. Za oblikovanje modela korišten je računalni program CATIA V5 R19, dok je za renderiranje korišten softver KeyShot 5.

### 5.5.1. Oblikovanje modela u računalnom programu CATIA V5

Trenutno postoji mnogo programa za oblikovanje računalom, a neki od poznatijih su: Autodesk Inventor, SolidWorks, CATIA i Pro/ENGINEER. U ovom radu odabrana je CATIA V5 verzije R19, francuske tvrtke *Dassault Systemes* koja je zasigurno jedan od najvećih proizvođača CAD/CAM/CAE/PLM softvera.

Oblikovanje modela generatora dušika realizirano je ovim radom: prethodno nije bilo 3D CAD modela generatora.

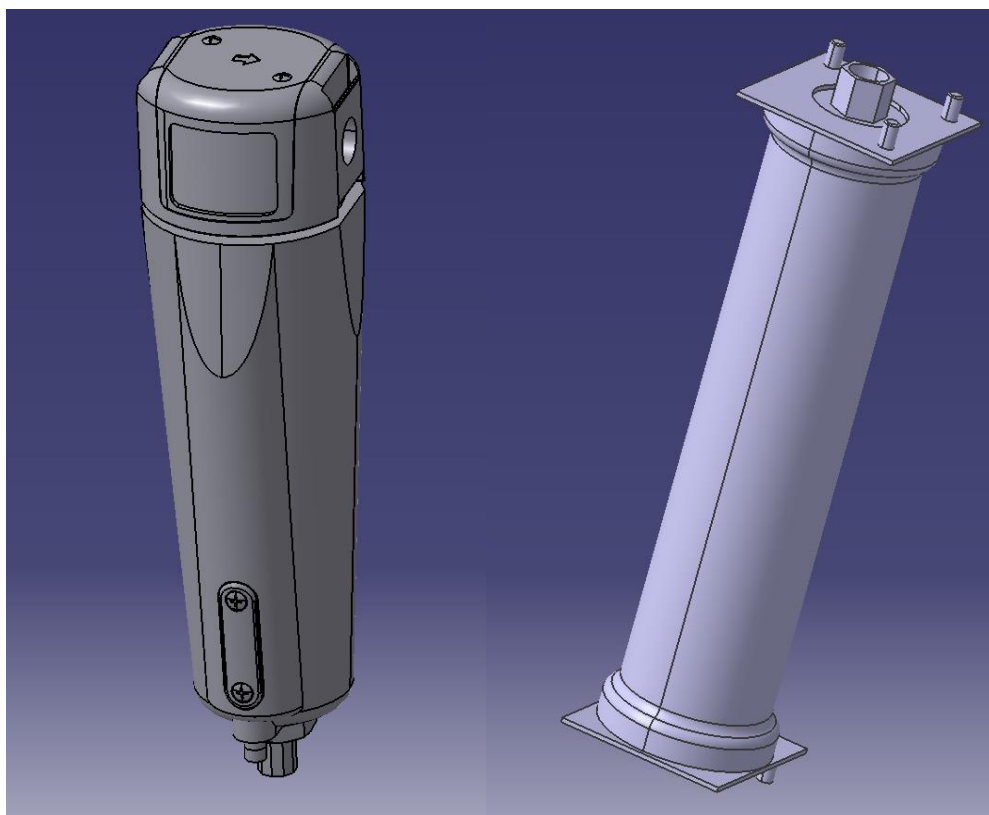
Oblikovanje modela generatora dušika započinje modeliranjem dijelova (*parts*) te njihovim spajanjem u sklop (*assembly*). Modelirana su dva zasebna sklopa, kućište generatora i procesni (funkcionalni) dio generatora.

Model se sastoji od:

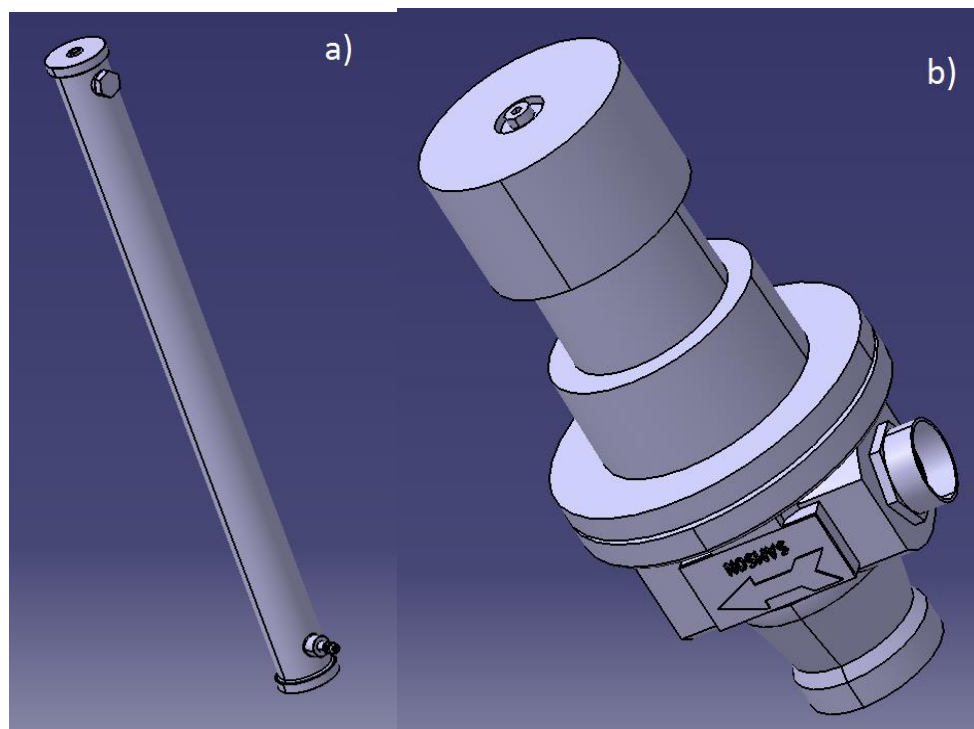
- Noseće konstrukcije
- Filter elemenata i kućišta (Slika 17.)
- Membrane (Slika 18.)
- Upravljačkih, regulacijskih i ručnih ventila (slike 18. i 19.)
- Pokaznih i mjernih uređaja kao što je ekran ili manometar (Slika 20.)
- Upravljačkog uređaja tj. PLC-a (Slika 20.)
- Cijevnih i priključnih elemenata (Slika 19.)

- Vijaka i matica.

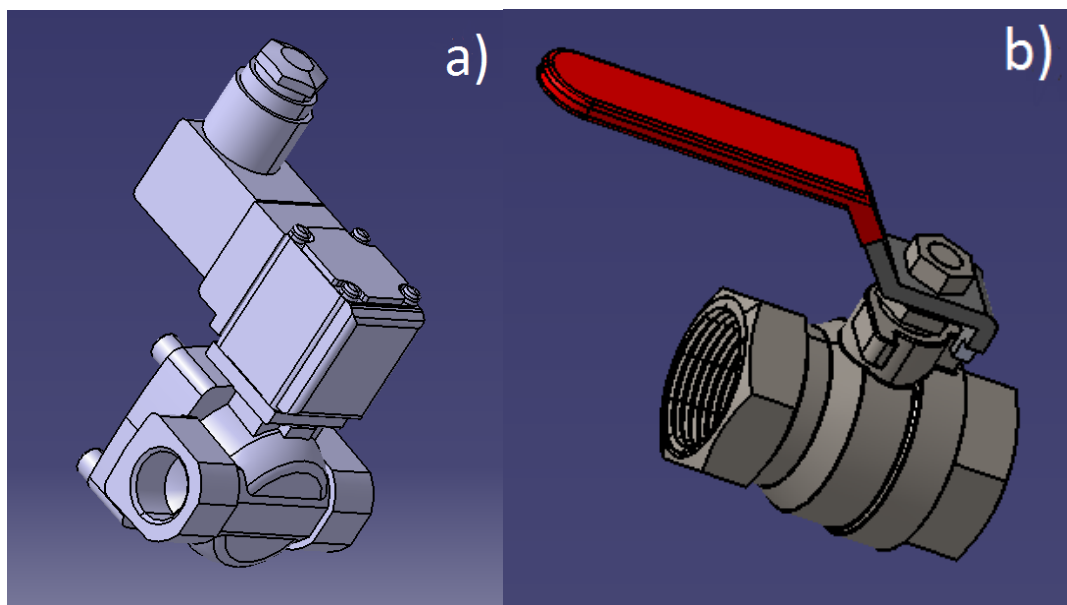
Neki od osnovnih elemenata prikazani su slikama 17. do 21. Ukupno su oblikovana 42 dijela i u dva sklopa.



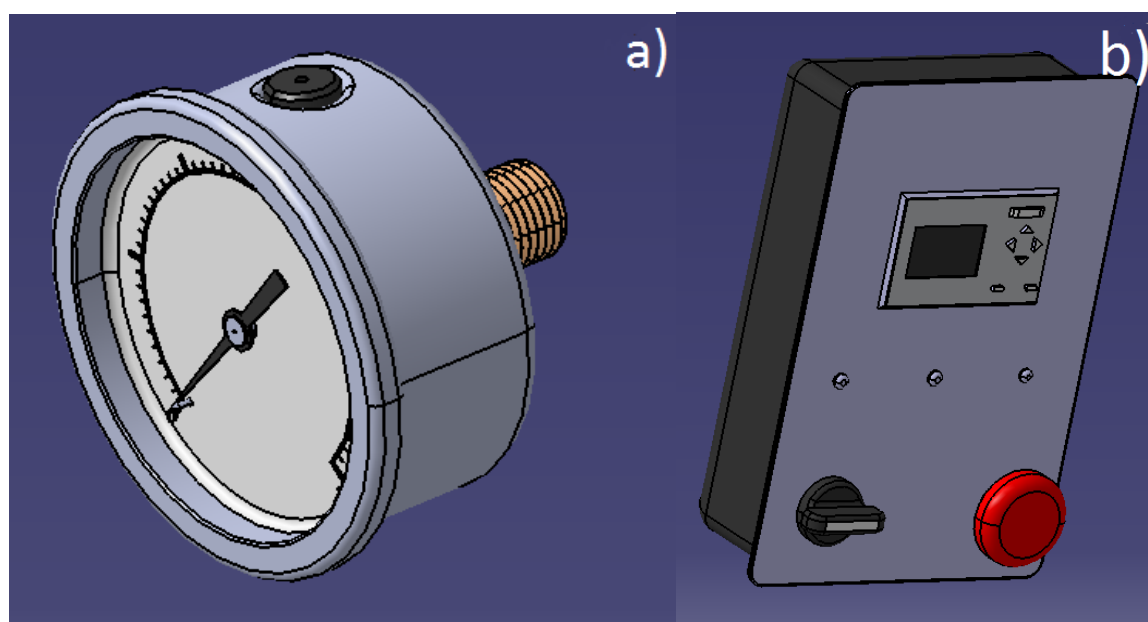
**Slika 17. CAD model generatora dušika NitroOne: kućišta filter elemenata**



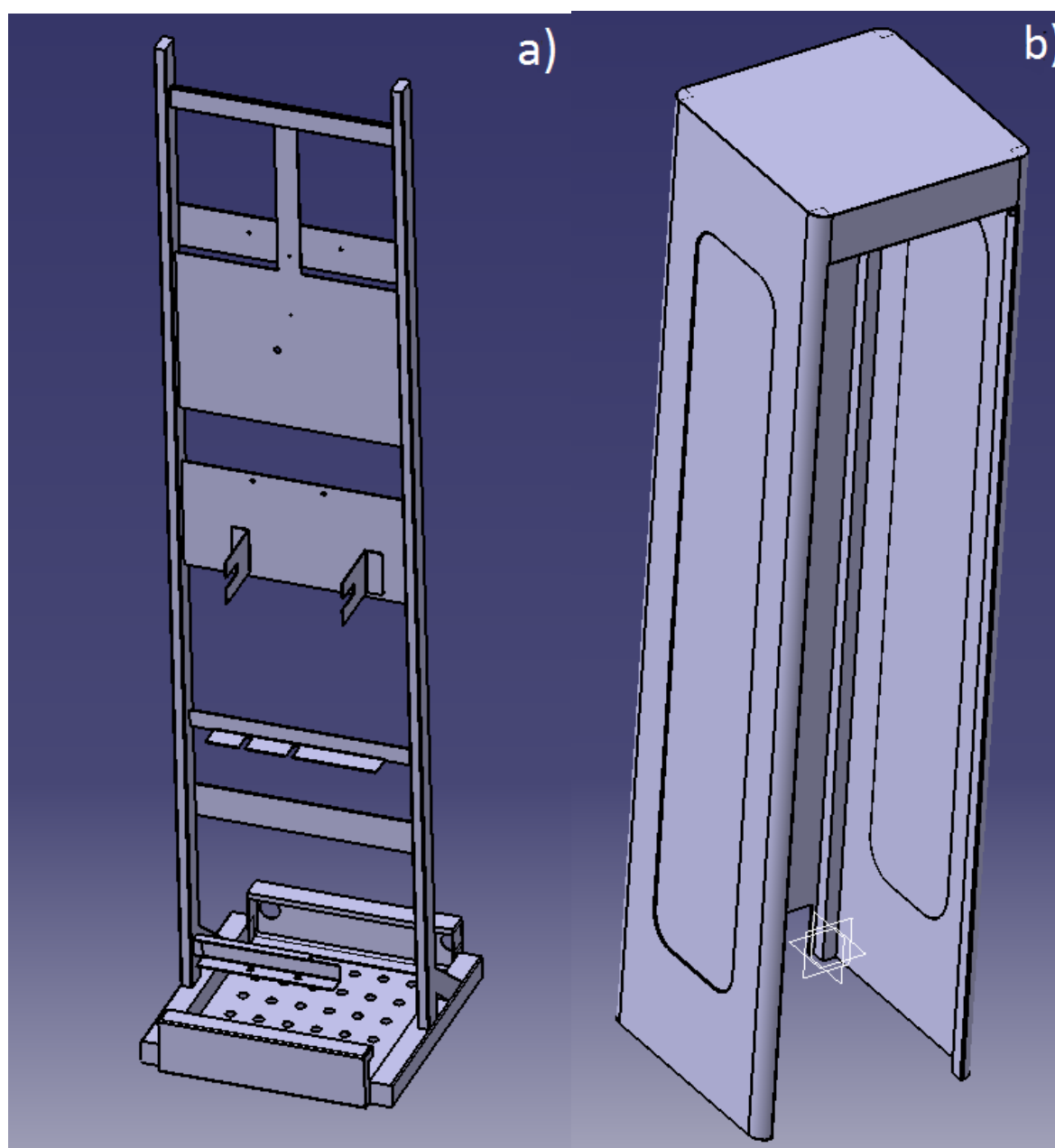
**Slika 18. CAD model generatora dušika NitroOne: a) membrana, b) regulator Samson**



**Slika 19. CAD model generatora dušika NitroOne: a) elektromagnetski ventil, b) ručni kuglasti ventil**

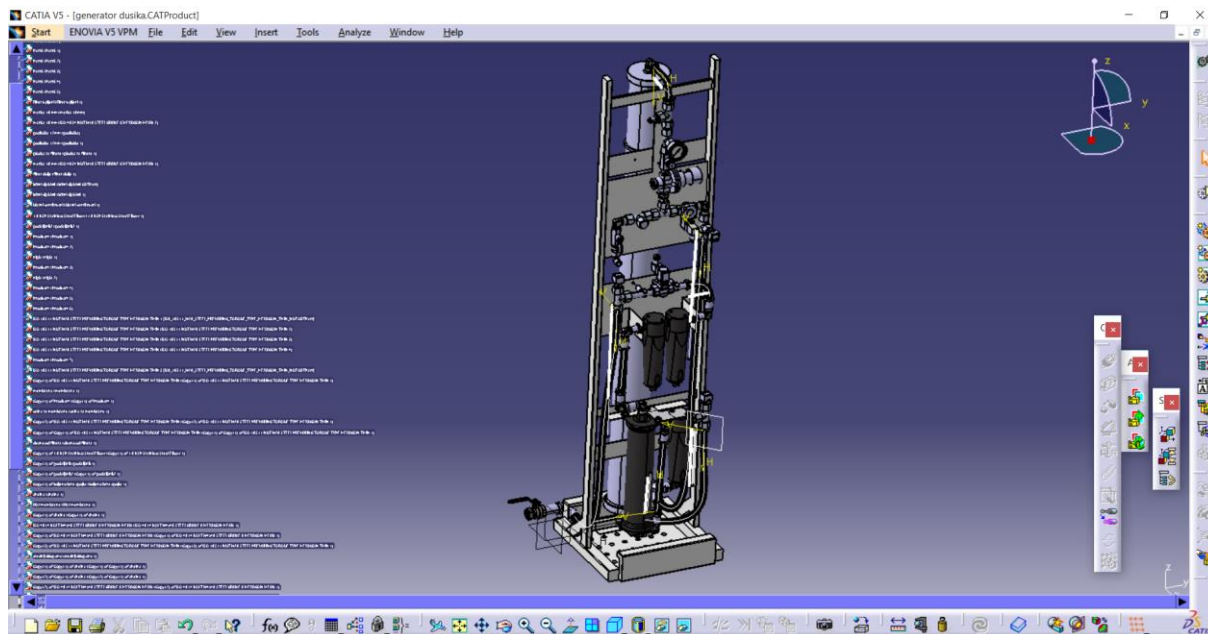


**Slika 20. CAD model generatora dušika NitroOne: a) analogni manometar, b) i PLC**

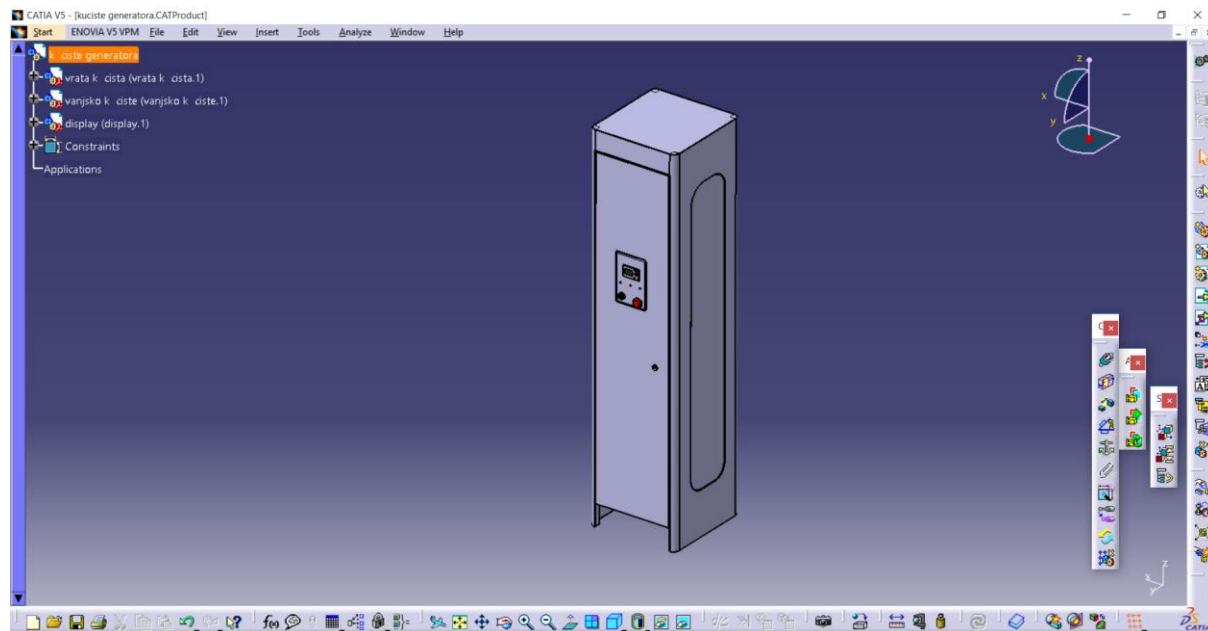


Slika 21. CAD model generatora dušika NitroOne: a) noseća konstrukcija, b) kućište

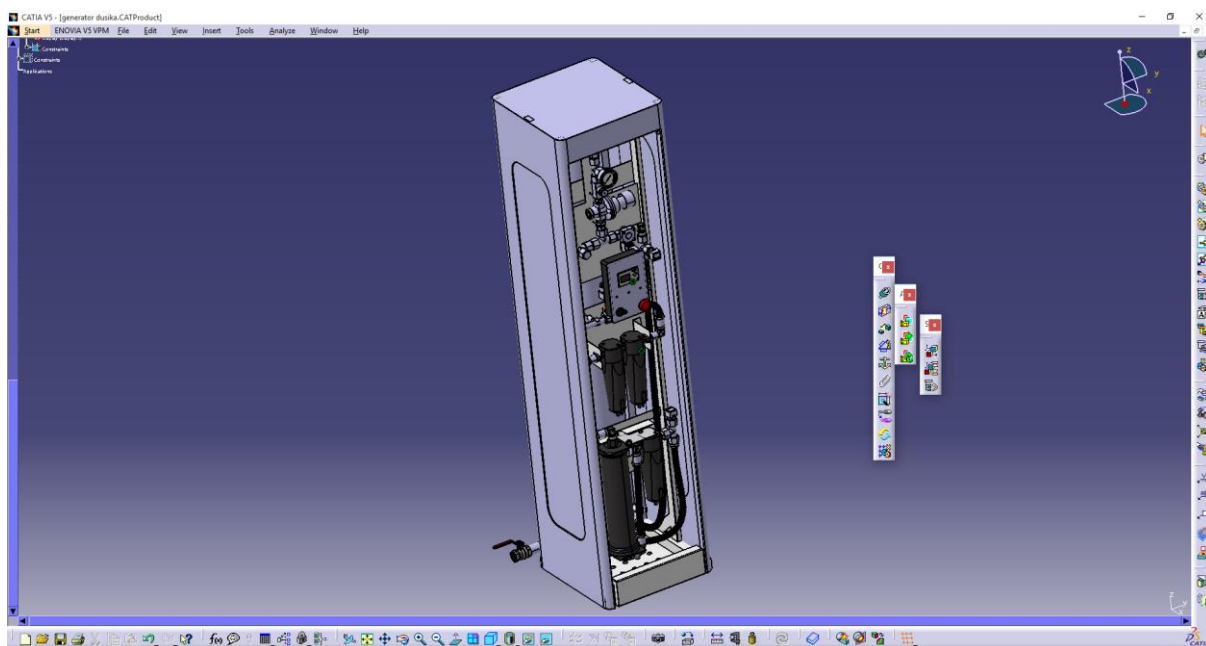
Sklop generatora oblikovan je tako da su unutar modula *Assembly Design* ubačeni prethodno modelirani dijelovi te su među njima određene veze. Najčešće korištene veze su *Coincidence*, *Angle*, *Offset* i *Contact Constraint*. Slikama 22. do 28. prikazani su modeli sklopova unutar programskog paketa CATIA odnosno u slikovnom formatu.



Slika 22. Sklop generatora bez kućišta u CATIA-i



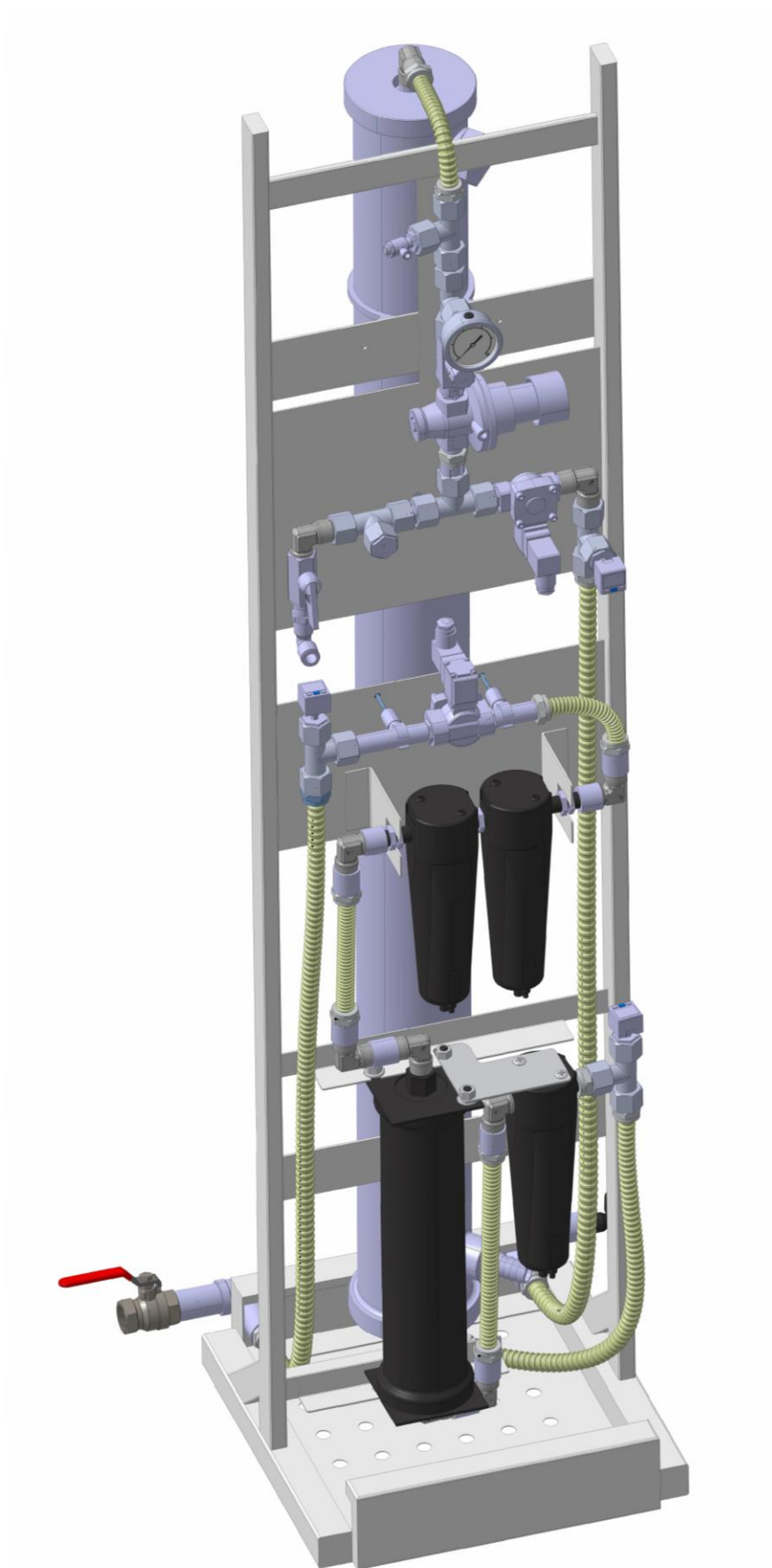
Slika 23. Kućište generatora u CATIA-i



**Slika 24. Generator dušika u CATIA-i**



**Slika 25. Model sklopa kućišta generatora**

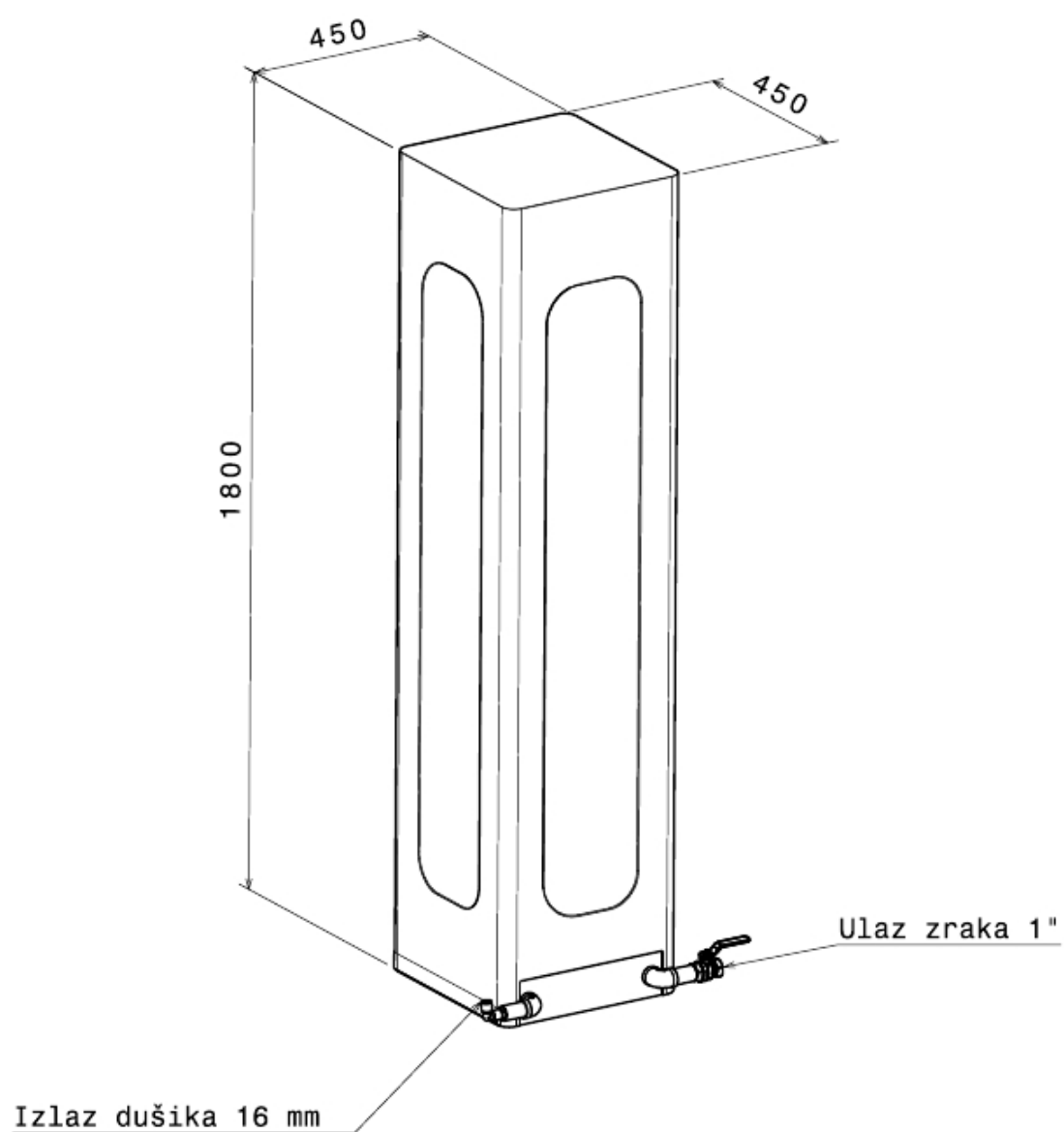


Slika 26. Model sklopa generatora bez kućišta





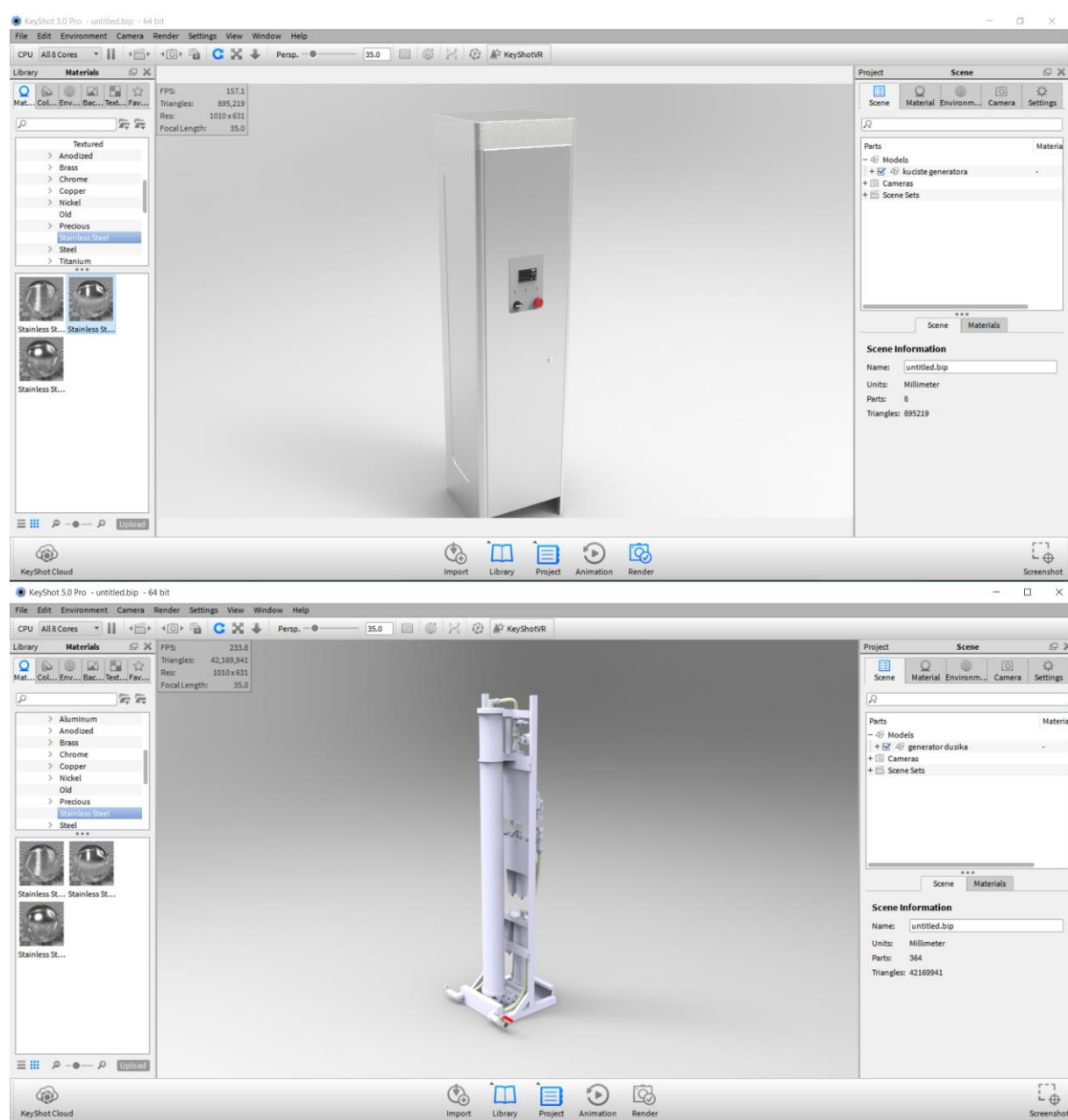
**Slika 27. Model sklopa generatora dušika s transparentnim kućištem**



Slika 28. Gabaritne i priključne dimenzije generatora

### 5.5.2. Izrada rendera modela u računalnom programu KeyShot

Završni proces pretvaranja 3D modela u dvodimenzionalnu sliku naziva se renderiranje. To je proces koji pretvara 3D model, kompletnu scenu ili animaciju u 2D sliku simulirajući zrake svjetlosti [8]. Ovakav način pretvaranja 3D modela u sliku koristi se kako bi se postigla što veća sličnost modela sa stvarnim predmetom. Modelu se dodaju boje i materijali, određuje se osvjetljenje i pozadina ispred koje se nalazi te se dodaju sjene elemenata. Za ovo oblikovanje odabran je programski paket KeyShot verzije 5, tvrtke Luxion. Generator je prikazan u dva sklopa: kućište generatora i procesni dio generatora, odvojeno zbog bolje preglednosti elemenata. Slikama 29. do 33. prikazani su renderirani modeli sklopova unutar programskog paketa KeyShot.



Slika 29. Renderirani kućište i generator softverom KeyShot



**Slika 30. Renderiran model kućišta generatora**



Slika 31. Renderiran model generatora dušika



Slika 32. Renderiran model generatora dušika, pogled sprijeda

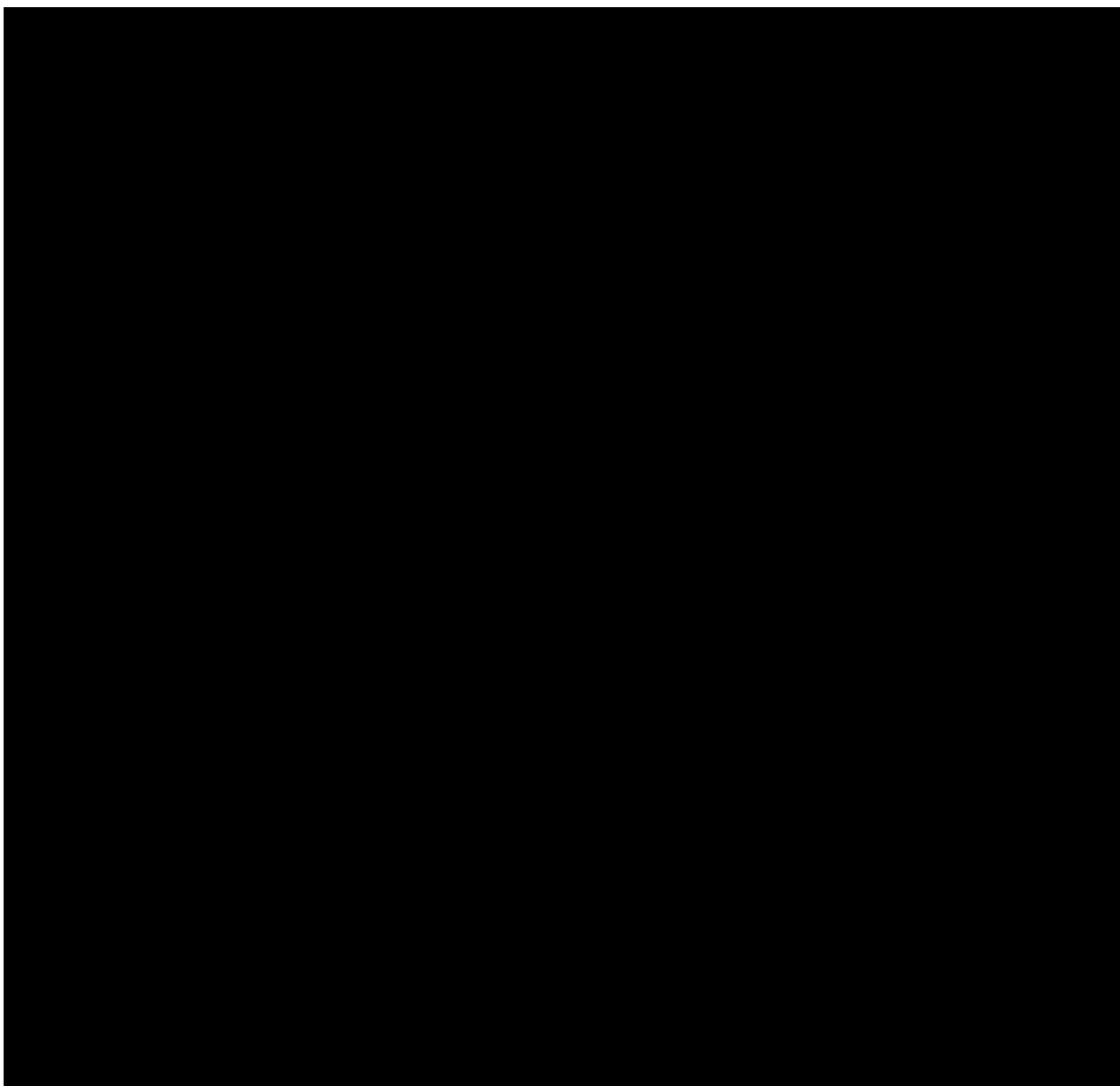


**Slika 33. Renderiran model generatora dušika, pogled odzada**

## 5.6. Izrada dijagrama cjevovoda i instrumentacije (P&ID) generatora dušika

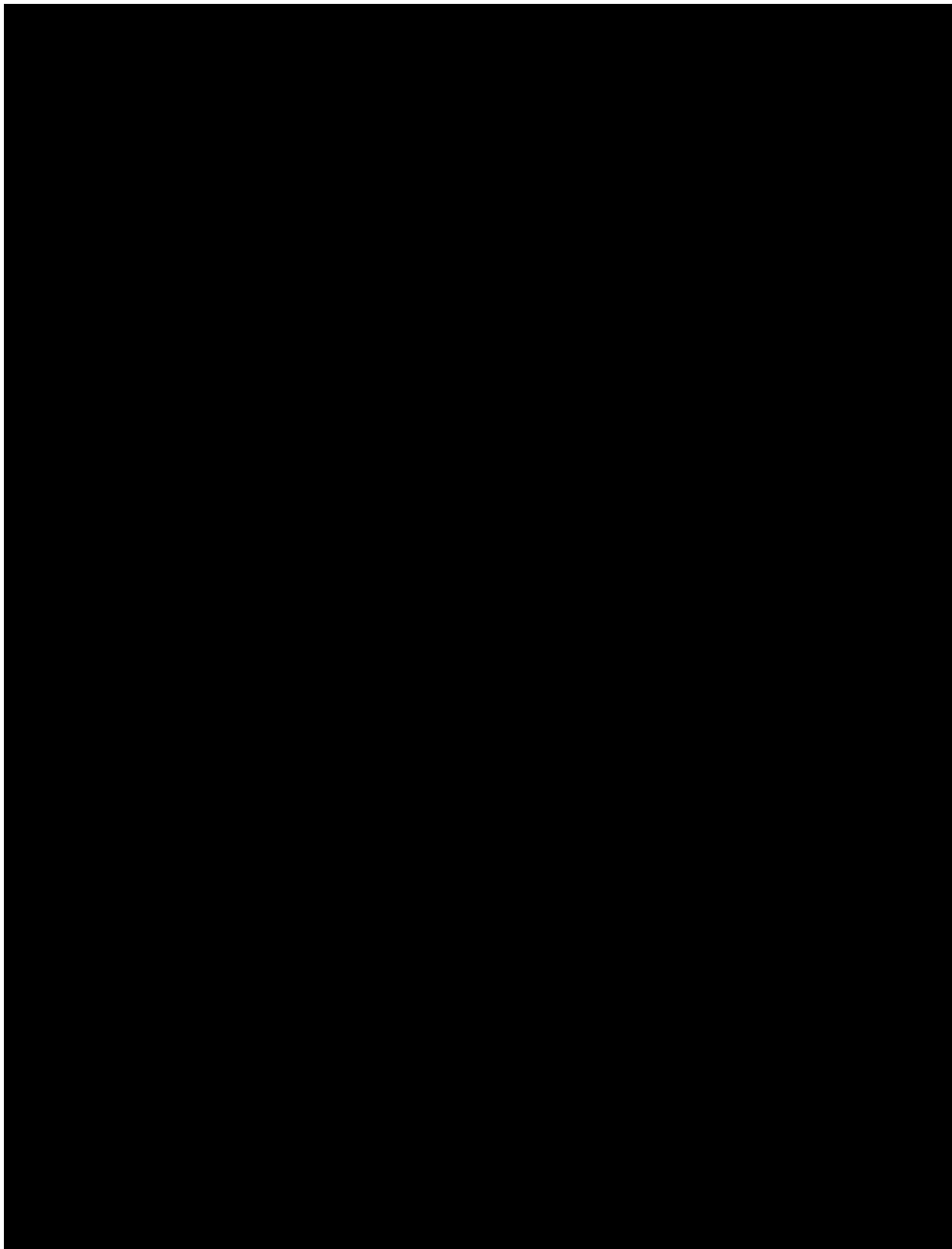
Dijagram cjevovoda i instrumentacije (eng. *Piping and instrumentations diagram*, skraćeno P&ID) je dijagram koji se koristi za prikaz tokova procesa između elemenata sustava. Dijagram prikazuje veze između elemenata u obliku signala (električni, pneumatski, hidraulični) ili u obliku mehaničke veze (cijevi). U dijagramu se nalaze svi elementi koji sudjeluju radnom procesu, npr. ventili, mjerni uređaji, spremnici i pumpe. Prikazuje se što u sustav ulazi, ali i što iz sustava izlazi. P&ID dijagrami se najčešće koriste u procesnoj industriji.

Za izradu P&ID dijagrama odabran je programski paket CATIA V5 R19. Dijagram se izrađuje ulaskom u modul *Equipment and Systems-Piping Discipline-Piping and Instrumentations Diagrams*. Prilikom izrade prvo su definirani svi potrebni elementi sustava te nakon toga veze među njima i ulaz i izlaz tvari (slike 34. i 35.).



Slika 34. Izrada dijagrama P&ID u CATIA-i





**Slika 35. Dijagram P&ID generatora dušika**

Kako bi dijagram P&ID bio što pregledniji, napravljena je tablica (Tablica 12.) s popisom elemenata i pojašnjenjem kratica korištenih za izradu dijagrama. Poredak elemenata u tablici započet je od ulaza zraka u generator sve do izlaza dušika iz generatora.

**Tablica 12. Popis elemenata P&ID**

<b>Oznaka elementa</b>	<b>Naziv elementa</b>
<b>MV1</b>	Ručni kuglasti ventil
<b>AV1</b>	Elektromagnetski ventil
<b>PI1</b>	Manometar
<b>F1</b>	Filter krupnijih čestica
<b>F2</b>	Filter sitnijih čestica
<b>Aktivni ugljen</b>	Filter koji uklanja ulje
<b>F3</b>	Filter sitnijih čestica
<b>PI2</b>	Manometar
<b>Membrana</b>	Membrana
<b>MV2</b>	Ručni ventil
<b>O2</b>	Analizator kisika
<b>MCV</b>	Iglasti ventil
<b>PI3</b>	Manometar
<b>OFV</b>	Regulator Samson
<b>MV3</b>	Ručni ventil
<b>PI4</b>	manometar
<b>AV2</b>	Elektro-magnetski ventil
<b>MV4</b>	Ručni ventil

## 5.7. Napredna verzija generatora dušika NitroOne

U svrhu stvaranja konkurentnijeg proizvoda obavljeni su informativni razgovori s korisnicima prve verzije generatora NitroOne kako bi se prikupili dojmovi korištenja. Kao potencijalan problem generatora je bio njegov neprekinut rad, tj. da generator stalno radi neovisno o potrošaču. Neprekinut rad generatora stvara nepotrebno rasipanje energije kroz ispušteni zrak u atmosferu. Ukoliko je potrošač dušika isključen, struja dušika nema kamo odlaziti i zrak se zadržava u membrani. Kako je membrana propusna prema atmosferi u njoj nastaje stanje više koncentracije O<sub>2</sub> nego u atmosferi te molekule kisika i dušika prolaze kroz stijenu.

Kako bi se smanjili gubici i povećala učinkovitost uređaja, stvorena je napredna verzija generatora nazvana NitroOne-S. NitroOne-S je generator dušika s ugrađenim ekonomičnim modulom rada (*Economy Mode*). U slučaju ekonomičnog modula rada, prilikom isključivanjem potrošača isključuje se i generator.

Modul je napravljen tako da mjeri promjenu tlaka na izlazu i sukladno tome zatvara ili otvara ulazni automatski ventil. Elementi od kojih se sastoji modul jesu: digitalni manometar povezan na upravljačko računalo, jednosmjerni ventil te nova verzija softera upravljačkog računala.

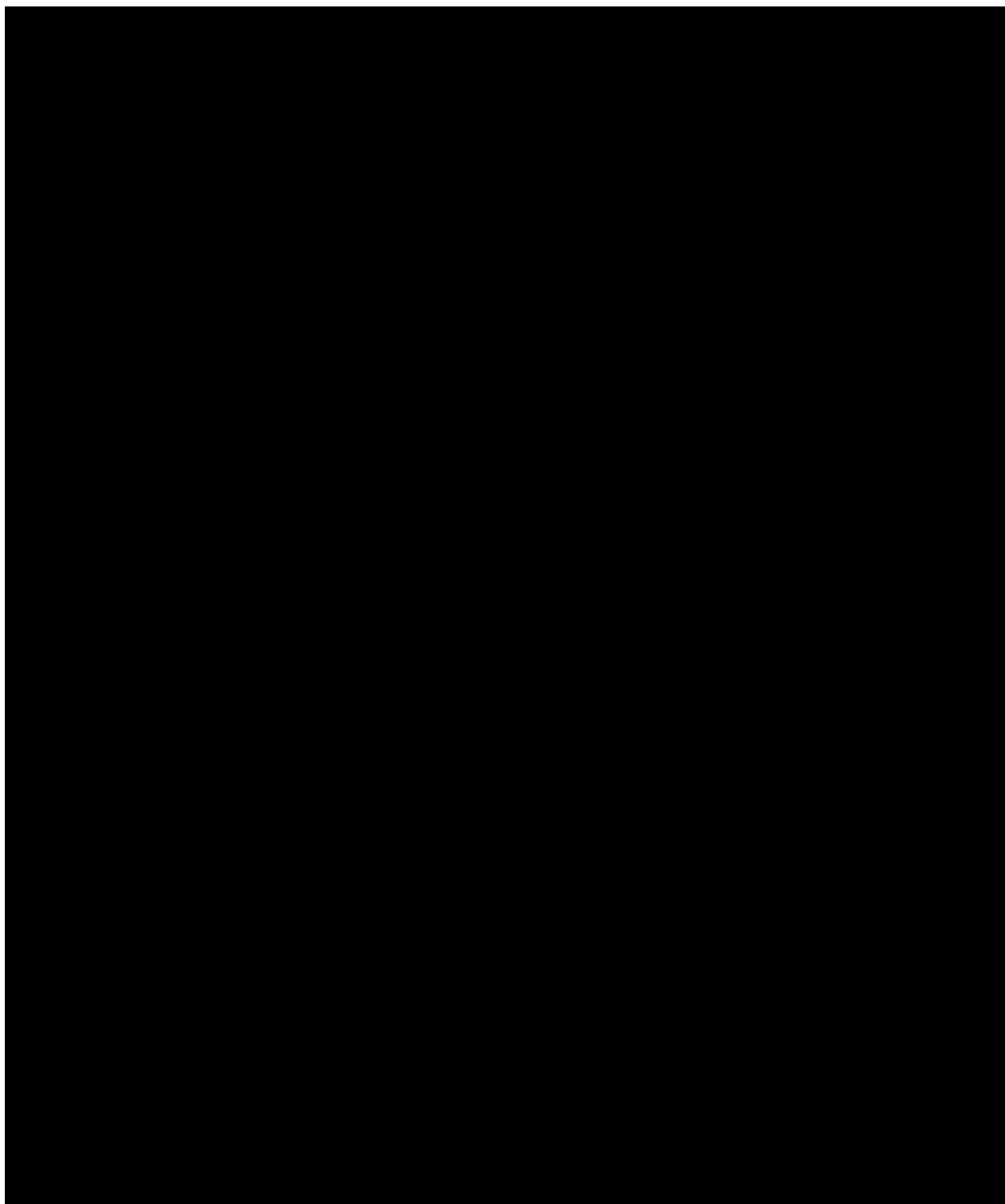
Dva su moguća slučaja u radu ovog modula:

1. Generator radi i potrošač prestaje s radom, dolazi do prestanka potrebe opskrbe dušikom, tlak na izlazu raste. Manometar očitava viši tlak, upravljačko računalo bilježi porast tlaka te zatvara automatski ulazni ventil zraka. Ukoliko je ulazni ventil zatvoren kompresor prestaje s dobavom zraka generatoru te nema gubitaka ispuštanjem zraka u atmosferu.
2. Generator je u pripravnim stanju, automatski ulazni ventil zraka je zatvoren. Potrošač započinje s radom, dušik počinje strujati te dolazi do pada tlaka. Manometar očitava niži tlak, upravljačko računalo bilježi pad tlaka te otvara automatski ulazni ventil zraka te ponovo započinje proces proizvodnje dušika.

Zbog vremena koje je potrebno da se otvori ulazni automatski ventil te kompresor započne opskrbljivati generator, preporuča se ugradnja spremnika dušika kako bi potrošač uvijek imao trenutačnu opskrbu.

Modul je napravljen na način da ga je moguće jednostavno od strane servisera ugraditi u stariju verziju generatora. Za ugradnju je potrebna promjena softvera upravljačkog računala te ugradnja manometra i jednosmjernog ventila.

U svrhu implementacije ekonomičnog modula rada generatora napravljen je odgovarajući dijagram P&ID te je modul za ekonomičan način rada uokviren isprekinutim linijama (Slika 36.).



**Slika 36. Dijagram P&ID naprednog generatora NitroOne-S**

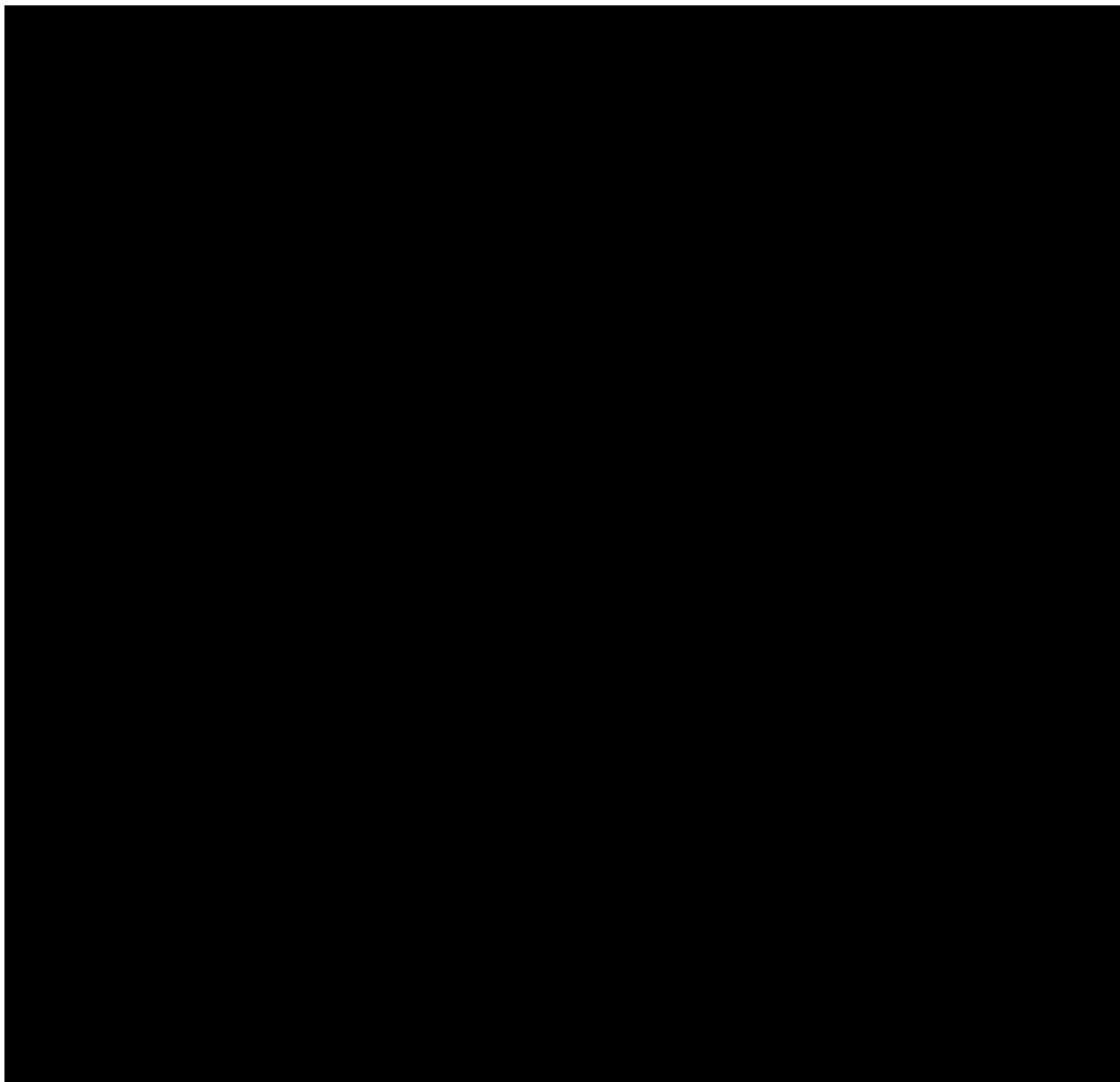
## 6. MONTAŽA GENERATORA DUŠIKA NitroOne

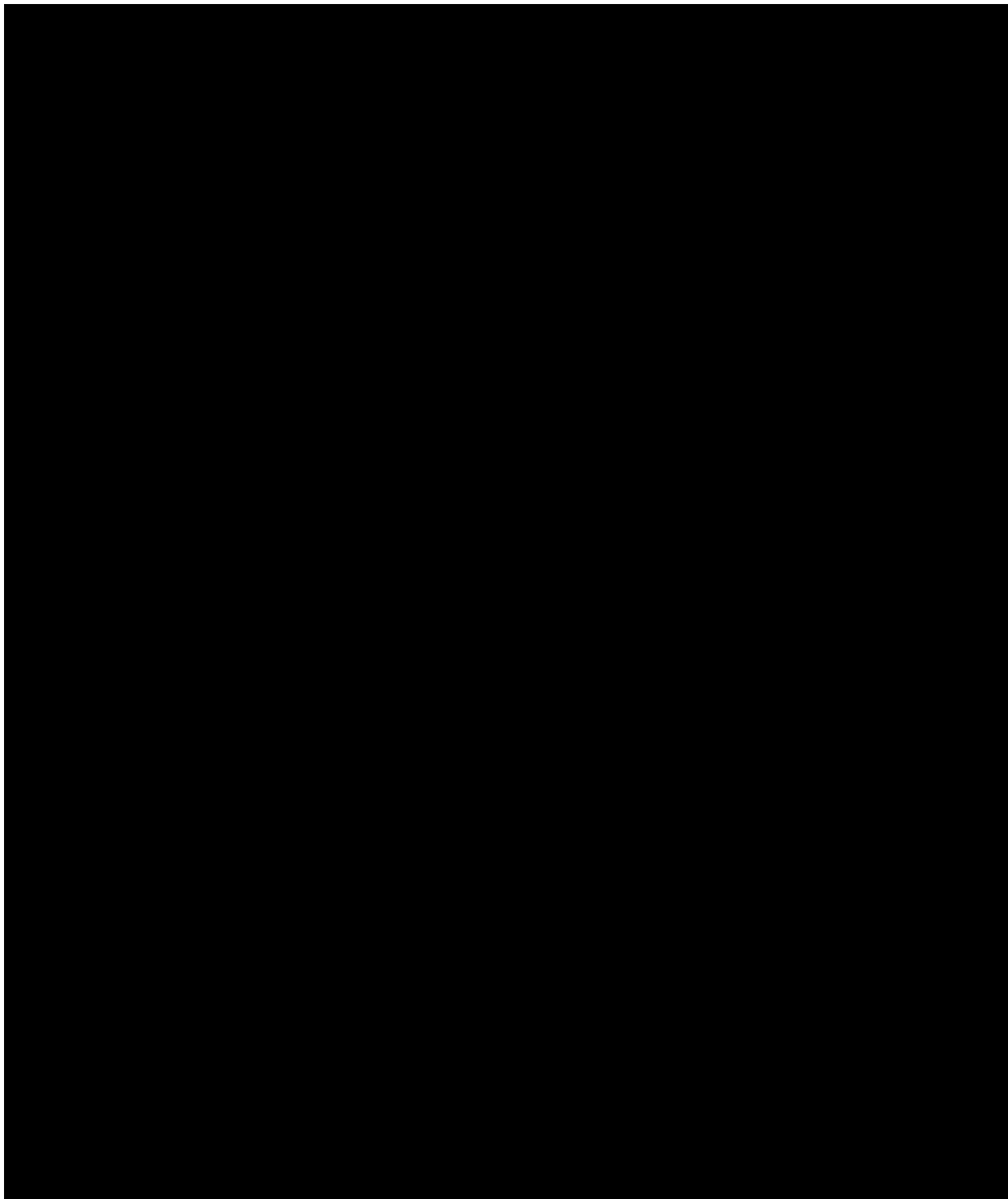
Generator NitroOne je sklop koji se sastoji od električnih, mehaničkih i pneumatskih sklopova i dijelova. Glavni elementi ovog generatora jesu: membrana (prilozi 5. i 6.), filteri, upravljačko računalo, regulator Samson (prilozi 7. i 8.), kućište i nosiva konstrukcija.

Prilikom oblikovanja modela generatora napravljena je količinska sastavnica (Tablica 13.) koja predstavlja popis sklopova i dijelova sortiranih po rastućem identifikacijskom broju.

Također za potrebe budućih montaža izrađena je strukturna sastavnica (prilozi 9. do 11.). U strukturnoj sastavnici navode se ugradbeni elementi za završnu montažu. Generator NitroOne sadrži tri stupnja ugradnje. Prvi stupanj ugradnje odnosi se na dva sklopa (kućište i noseća konstrukcija) dok se drugi i treći stupanj odnose na ugradbene elemente te vijke i matice.

**Tablica 13. Količinska sastavnica generatora NitroOne**





Montaža generatora NitroOne odvija se u prostorijama tvrtke L-tek d.o.o. u Sloveniji (Slika 37.<sup>3</sup>). Koristi se standardni alat za cijevne instalacije i montažu. Sklapanje se sastoji od pričvršćivanja glavnih elemenata vijcima na konstrukciju generatora, njihovim povezivanjem električnim i cijevnim instalacijama te na kraju montaže kućišta. Prilikom montaže potrebna su dva radnika, jedan kvalifikacije VSS te jedan KV. Procijenjeno vrijeme montaže iznosi oko 14 sati.

Prilikom montaže korišten je sljedeći materijal i alat:

- Križni izvijač
- Ravni izvijač
- Viljuškasti ključ
- Šesterokutni ključ (Inbus)
- Naprava za rezanje fleksibilnih cijevi
- Brtveni materijal, teflonska traka.



Slika 37. Fotografije s montaže generatora dušika

<sup>3</sup> Ukrasna zelena folija s krajnje desne slike nije navedena u strukturnoj sastavnici (prilozi 9. do 11.).

## 7. RUKOVANJE I ODRŽAVANJE UREĐAJA GENERATORA DUŠIKA NitroOne

Prije uporabe i puštanja u rad generatora potrebno je pažljivo pročitati pisane upute, upute se moraju u potpunosti razumjeti prije montaže na procesnu liniju i njegovog puštanja u rad. Rad suprotan pravilima uporabe može dovesti do neželjenih posljedica za korisnika i uređaj. Pravilnim rukovanjem uređajem osiguravamo proizvodnju dušika željene kvalitete.

Na isporučenom generatoru NitroOne ne smije se napraviti nikakva promjena bez pismenog dopuštenja tvrtki Fering-fit d.o.o. i L-tek d.o.o. Nepoštivanjem ovog pravila, eventualnu nastalu štetu u potpunosti snosi kupac.

Simboli koji se nalaze na generatoru ili u priručniku napravljeni su prema normi za grafičke simbole – boje i znakovi sigurnosti (HRN EN ISO 7010:2013):



Opće upozorenje: ukazuje na rizik koji lako može izazvati smrt ili ozljede



Oprez visok napon: mogućnost od strujnog udara



Opasnost od otrovnog materijala: rizik od smrti gušenjem



Opasnost od zapaljenja: zrak obogaćen kisikom povećava mogućnost zapaljenja u dodiru s zapaljivim materijalom



Ekologija: upute za očuvanje okoliša.

Garancija uređaja neće se priznati u slučaju ako:

- Upute u priručniku su ignorirane
- Korišteni su rezervni dijelovi koji nisu odobreni od proizvođača
- NitroOne se ne koristi ispravno
- U generator se dovodi neki drugi plin umjesto zraka
- Napravljene su izmjene na generatoru bez odobrenja tvrtki Fering-fit i L-tek
- Uređaj nije održavan sukladno propisanim uputama.



## 7.1. Zdravstveni, transportni, ekološki i sigurnosni čimbenici

Pravilna uporaba generatora dušika NitroOne važna je za sigurnost osoblja koje njime rukuje te za pravilan rad uređaja. Potrebno je kontaktirati dobavljača ako se uoči problem u radu generatora. NitroOne treba upotrebljavati u skladu s njegovom namjenom. Instalaciju, održavanje i popravak uređaja smiju obavljati samo ovlaštene serviseri, ovlaštene za rad s uređajem NitroOne, električnom i pneumatskom opremom. Zabranjeno je nepravilno rukovanje uređajem te eksperimentiranje. Zabranjeno je prelaziti tehnička ograničenja i mogućnosti uređaja.

### Zrak pod tlakom



- Osigurati da ulazni zrak ne prelazi tlak od 13 bar
- Osigurati da su oprema i cjevovodi pravilno priključeni na radni zrak
- Potrebno je odtlačiti uređaj prije uklanjanja generatora iz procesne linije ili zamjene dijelova generatora. Nagli proboj stlačenog zraka može uzrokovati ozbiljne ozljede ili oštećenje opreme.

### Dušik i kisik



- NitroOne generira dušik kao krajnji proizvod, zrak obogaćen kisikom ispušta se kao nusprodukt.



- Velika koncentracija dušika može uzrokovati gušenje
- Zrak obogaćen kisikom može uzrokovati požar, potrebno je osigurati ventilaciju prostorije u kojoj se nalazi generator
- NitroOne nije namijenjen za ugradnju na područje gdje postoji rizik od eksplozija.

### Električna energija



- Samo ovlaštene osobe smiju vršiti ugradnju, popravak i održavanje uređaja
- Potrebno je isključiti glavno napajanje prilikom ugradnje, popravka ili održavanja uređaja

### Sigurnosne mjere



- Osigurati dovoljnu izmjenu zraka u prostorijama gdje se ispuhuje zrak obogaćen kisikom iz generatorom
- Uređaj se priključuje isključivo na zrak
- Zrak doveden uređaju mora biti čist, bez organskih nečistoća i ostalih zagađivača. Zabranjeno je postavljanje uređaja u kojem se odvija isparavanje organskih tvari u okoliš.
- Okolišna temperatura mora biti između 10 °C i 40 °C
- Ugradnja druge opreme, cijevi i posuda pod tlakom mora se izvršiti u skladu sa standardima ugradnje tih uređaja
- Redovito održavanje uređaja potrebno je kako bi se osigurao siguran u pravilan rad

- Uskladiti da su upute o zdravlju i sigurnosti u skladu s lokalnim zakonima i propisima

#### Sigurnosno- ekološke značajke



- Uporaba i korištenje NitroOnea nije opasno za okoliš, većina dijelova napravljena je od metala te se može zbrinuti na uobičajene načine.
- U skladu s regulativom Europske unije električne komponente na kraju radnog vijeka moraju se rastaviti i reciklirati. Fering-fit i L-tek mogu pomoći u zbrinjavanju.
- Uskladiti da su upute o zdravlju i sigurnosti u skladu s lokalnim zakonima i propisima

#### Transport



- NitroOne mora se prevoziti u uspravnom položaju
- Ukoliko se generator prevozi na dalja odredišta, potrebno je uređaj postaviti na paletu te zaštititi kartonom omotanim plastičnom folijom
- NitroOne je potrebno prevoziti viličarom u skladu s uputama o korištenju viličara

#### Mjesto ugradnje

Odabrana lokacija ugradnje uređaja mora zadovoljavati sljedeće uvjete:

- Unutarnji, zatvoreni prostor
- Suh prostor
- Prostor bez vibracija
- Prostor u kojem generator neće biti stalno izložen suncu
- Udaljen od izvora topline
- Provjetravan prostor
- Dovoljno manipulativnog prostora za nesmetano održavanje.

## 7.2. Održavanje

Kako bi generator proizvodio dušik željene čistoće, bio siguran za rukovanje i pravilno radio, potrebno ga je održavati u skladu s definiranim naputcima. Postupak održavanja smije izvršavati samo stručna osoba koja je ovlaštena od strane tvrtki Fering-fit i L-tek. Da bi se ispunili zahtjevi garancije uređaja, generator je potrebno održavati u skladu s naputcima.

Redovno održavanje generatora izvodi se jednom godišnje, a sastoji se od:

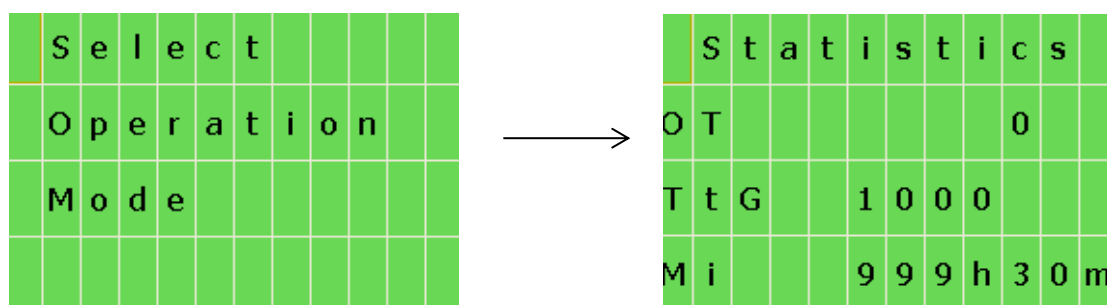
- Vizualni pregled stanja uređaja
- Pregled rada uređaja
- Izmjena svih filtera
- Čišćenje ventila za odvodnju kondenzata
- Provjera protoka dušika
- Provjera koncentracije dušika
- Provjera rada upravljačkog računala.

Zamjena membrane radi se nakon 10 godina, samo u slučaju ako generator ne može postići dovoljnu čistoću dušika.

Korisnik uređaja sam može očitavati podatke sa zaslona generatora dušika kako bi mogao planirati datum i vrijeme održavanja uređaja, imajući na umu potrebno vrijeme prestanka opskrbe dušikom za vrijeme održavanja (Slika 38.).

Kratice na zaslonu radnih sati odnose se na:

- OT: ukupni radni sati rada generatora (*On Time*)
- TtG: vrijeme do idućeg servisa u satima (*Time to Go*)
- Mi: servisni interval (*Maintenance interval*).



Slika 38. Početni zaslon upravljačkog računala generatora (lijevo) i zaslon s prikazom radnih sati (desno)

## 8. PRODAJNO-PROIZVODNA INTEGRACIJA I UNAPRJEĐENJE TVRTKE RAZVOJEM GENERATORA DUŠIKA NitroOne

### 8.1. Proces od narudžbe uređaja do isporuke i održavanja

Proizvodnja i ostale aktivnosti u realizaciji i eksploataciji generatora NitroOne zahtijevaju integraciju rada više skupina ljudi različitog područja djelovanja. Integracija obuhvaća rad ljudi dviju tvrtke (Fering-fit i L-teh), komunikaciju i suradnju s kupcima te tvrtkama za dobavu komponenti, usluge prijevoza i ugradnje. Proces realizacije i eksploatacije generatora može se podijeliti na nekoliko područja i razina, uključujući sudionike: prodaja (prihvat upita i narudžbi kupaca, ugovaranje), projektiranje generatora na osnovi narudžbe, dobava komponenti (dijelova i sklopova), izrada i montaža, ispitivanje, prijevoz, instalacija, održavanje, zbrinjavanje<sup>4</sup>.

#### 8.1.1. Prodaja

Uloga prodaje je pronaći kupca, među ostalim, i kroz održavanje seminara i prezentacija. Također prodaja ima velik doprinos u prikupljanju i analizi zahtjeva trenutnih i budućih korisnika. Nakon što je postignut dogovor s potencijalnim kupcem daljnji tok radnji obavlja projektni tim, sve do potvrde narudžbenice.

#### 8.1.2. Projektiranje

Nakon što je projektni tim dobio zahtjev (potvrđenu narudžbu) za pokretanjem projekta, određuju se zahtjevi korisnika te trenutno stanje procesne linije u kojoj bi se generator trebao primijeniti.

Zahtjevi korisnika odnose se na potrošnju, koncentraciju i tlak dušika. Ti podaci očitavaju se s potrošača (stroja/strojeva), a ukoliko se ne nalaze na natpisnoj pločici mjere se postavljanjem mjerača protoka i manometra. Ako generator opskrbljuje više potrošača potrebno je utvrditi da li rade istovremeno te kolika je najveća potrošnja u tom trenutku. U ovoj fazi poznati su podaci prema kojim je izvjesno zadovoljava li NitroOne željene zahtjeve korisnika te se određuje verzija generatora (NitroOne ili NitroOne-S).

Analiza postojećeg stanja vrši se kako bi se odredilo da li procesna linija zadovoljava uvjete za rad generatora. Kompresor mora isporučivati zrak minimalnog tlaka i protoka koji su prikazani u tablici 5. Kod izračuna minimalnog potrebnog tlaka kompresora treba uračunati pad tlaka na generatoru, ali treba paziti da se ne predimenzionira, jer povećanjem tlaka za 1 bar kompresor troši u prosjeku 7 % više energije. Nakon kompresora postavlja se, ako je nema, pripremna grupa filtera (da bi se zadovoljila kvaliteta zraka prema tablici 5). Sljedeći u nizu dolazi sušač zraka zadužen za uklanjanje vlage kako bi se zadovoljili uvjeti tablice 5.

---

<sup>4</sup> Kako je riječ o novom proizvodu, ta se aktivnost životnog vijeka generatora još nije provodila.

Ako su tlak ili temperatura zraka na izlazu iz sušača, tj. na ulazu u generator drugačiji od preporučenih, vrši se korekcija potrebnog kapaciteta prema tablicama 6. i 7.

Nakon što su definirani svi potrebni zahtjevi i oprema izrađuje se ponuda koja sadrži specifikaciju uređaja i dodatne opreme te dijagram P&ID koji prikazuje vezu između generatora i drugih uređaja. Dijagram P&ID izrađen za jednu domaću tvrtku dan je prilogom 12. i prikazuje stanicu tehničkih plinova za potrebe prehrambene industrije.

Nakon potvrđene narudžbe (plaćanja) slijedi isporuka uređaja i njegova ugradnja na procesnu liniju (Slika 39.) te puštanje u rad. Puštanje u rad obuhvaća i dokazivanje radnih parametara generatora (tlak, protok i koncentracija N<sub>2</sub>).



**Slika 39. Ugrađeni generator NitroOne u tvornici Danica d.o.o.**

### 8.1.3. Izrada, montaža i održavanje

Nakon projektiranja, na osnovi zalihe dijelova i sklopova, započinju izrada i montaža generatora. Naime, dogovoreno je da obje tvrtke moraju imati zalihu potrebnih dijelova i sklopova za sklapanje jednog generatora kako bi se rok isporuke što više skratio. Izrada kao i montaža odvijaju se u Sloveniji u tvrtki L-tek d.o.o. U L-teku se izrađuje noseća konstrukcija te se programira upravljačko računalo, ostali dijelovi i sklopovi generatora nabavljaju se kao (kupovni) gotovi proizvodi i standardni dijelovi. Montaža započinje ugradnjom dijelova generatora (sklop generatora) na noseću konstrukciju te ugradnjom upravljačkog računala u kućište koje čini drugi sklop (sklop kućišta). Kada se generator ugradi u kućište, električnim instalacijama povezuju se manometri i automatski ventili te napajanje s upravljačkim računalom. Nakon što je generator sklopljen, započinje umjeravanje i testiranje na željeni tlak, protok i koncentraciju dušika. Prije transporta generator se oblaže zaštitnim kartonom i PVC folijom te se direktno šalje prema kupcu ili u skladište tvrtke Fering-fit d.o.o.

Održavanje NitroOnea-a izvodi se u skladu s podacima navedenim u točki 7.2, a smije ga obavljati samo ovlaštena osoba koja vodi dnevnik održavanja o uređaju.

## 8.2. Unaprjeđenje u radu tvrtke

Generator NitroOne kao razvijeni proizvod u vlasništvu tvrtke Fering-fit d.o.o. otvara mogućnosti njenog širenja i unaprjeđenja, uzme li se u obzir da su se djelatnosti tvrtke Fering-fit d.o.o. u većem dijelu bazirale na održavanju i prodaji uređaja iz asortimana Parker te projektiranju i savjetovanju u procesnoj industriji. Razvoj vlastitog proizvoda svakako je važan iskorak u poslovanju ove tvrtke, ali povlači sobom i potencijalne rizike od neuspjeha ukoliko tržište ne prepozna proizvod.

Krajnji cilj kroz razvoj generatora NitroOne je svakako stvoriti konkurentan proizvod na tržištu te ostvariti prihode kroz prodaju i održavanje uređaja, ali i popratne opreme. Unaprjeđenja djelatnosti tvrtke na osnovi očekivane uspješnosti generatora NitroOne očituju se u sljedećem:

- ovladavanje postupkom razvoja uređaja s tehničko-funkcionalne strane te njegovom proizvodnjom
- povezivanjem uređaja s drugom opremom, održava se i širi potencijal projektno-konstrukcijsko-proizvodnog i prodajnog obuhvata druge opreme
- zauzimanje kvalitetnije tržišne pozicije (proizvođača i prodavača vlastitog proizvoda), s još boljim upoznavanjem i širenjem tržišta.

### 8.2.1. Razvoj uređaja i dokumentacije

Daljnjim razvojem uređaja očekivano se povisuje njegov stupanj složenosti, ali i zadovoljstvo korisnika. Analizom generatora konkurencije i razgovorom s korisnicima postojećih modela

NitroOne i NitroOne-S došlo se do zaključaka o mogućim preinakama i nadogradnji uređaja i dokumentacije.

- Ugradnja analizatora kisika prva je od mogućih ideja. Ugradnjom senzora koncentracije kisika na izlazu membrane korisnik bi u svakom trenutku mogao vidjeti čistoću dobivenog dušika te je sam mijenjati.
- Ugradnja većeg broja membrana u generator kako bi se povećao kapacitet maksimalne isporuke dušika.
- Mogućnost daljinske kontrole uređaja. Povezivanje s kontrolnom sobom kako bi se mogli očitavati trenutni podaci.
- Izrada još detaljnijih korisničkih i servisnih uputa, izrada detaljnih uputa s opisanim postupcima uklanjanja mogućih kvarova i zastoja uređaja.

Što se tiče projektantsko-konstruktorskog dijela (ali i ostalih inženjerskih, proizvodnih i poslovnih djelatnosti), nameće se potreba većeg korištenja softverske podrške (varijante konstrukcije u CAD-u, simulacija i optimiranje fizikalnih procesa i u njima uključene opreme, istodobno inženjerstvo, integracija sustava).

### 8.2.2. Povezivanje uređaja s drugom opremom

Korištenje generatora NitroOne zahtijeva dovođenje komprimiranog zraka propisane kvalitete do generatora. Tvrtka Fering-fit d.o.o. u svom programu nudi svu potrebnu opremu da bi uređaj ispravno radio, što podrazumijeva: kompresor, sušać zraka, spremnike pod tlakom te filtere. Na takav način moguće je projektiranje cjelokupnog sustava pripreme zraka i dušika do potrošača. Generatori se u velikom broju slučajeva ugrađuju u već postojeće proizvodne procese umjesto dušika pohranjenog u spremnicima (baterijama). U svrhu bolje informiranosti korisnika i olakšavanje njihovih narudžbi potrebno je izraditi dokumentaciju koja bi opisivala i prikazivala sve mogućnosti daljnjeg povezivanja uređaja koji se nalaze u procesnoj liniji pripreme zraka. Na taj način dobio bi se pregled karakteristika trenutnih uređaja te njihovog proširivanja. Korisnik koji želi ugraditi generator imao bi od zasnivanja ideje jasan pregled koja mu je oprema potrebna te mogao na odgovarajući način generirati upit (npr. *web* aplikacije s obrascima).

Uz pismeno i grafičko pojašnjenje povezivanja uređaja nameće se ideja o izradi centralnog kontrolnog sustava na koji bi se spajali svi uređaji koje zastupa tvrtka Fering-fit d.o.o. Takav kontrolni sustav prikupljao bi informacije o svim uređajima te ih slao u kontrolnu sobu tvornice ili prikazivao njihove parametre. Na taj način izbjeglo bi se komplikacije zbog različitih standarda povezivanja uređaja i kontrolne sobe. Štoviše, spajanjem uređaja putem interneta (*Internet of Things*) omogućilo bi mnogo bolju povezanost između proizvođača, uređaja i korisnika. Tako bi proizvođač imao *on-line* podatke o radu uređaja te bi uređaj u slučaju kvara ili zastoja mogao samostalno prijaviti grešku proizvođaču. Na takav način bi se znatno skratilo vrijeme potrebno za otklanjanje kvara ili zastoja.

Tvrtka Fering-fit d.o.o. posjeduje ultrazvučni uređaj Purecare za ispitivanje spojeva cjevovoda. Takav uređaj otvara mogućnost izrade paketa ušteda rasipanja dušika u postojećoj liniji. Ugradnjom generatora dušika te testiranjem spojeva cjevovoda osigurale bi se maksimalne uštede uz poticanje energetske učinkovitosti.

### **8.2.3. Bolje upoznavanje i širenje tržišta s generatorom NitroOne**

Generator dušika NitroOne veoma je malo zastupljen na našem tržištu i u regiji. Kako bi se potencijalni korisnici bolje upoznali i informirali o mogućnostima generatora, predlaže se izrada reklamno-informativnih kataloga, seminara te prezentacija na sajmovima i u tvrtkama diljem regije, ali i šire.

Generator NitroOne se trenutno nalazi na tržištu Hrvatske, Slovenije i BiH, stvaranjem zadovoljnih kupaca otvara se mogućnost širenja na tržište EU po preporuci tih tvrtki (npr. inozemne filijale Krke iz Novog Mesta). Generator je izrađen u skladu s propisima EU što znači da ne postoje prepreke koje bi sprječavale širenja tržišta. U svrhu bolje prezentacije proizvoda predlaže se posuđivanje uređaja na kraći period kako bi se korisnik mogao uvjeriti u njegovu funkcionalnost.

Generator NitroOne uglavnom se koristi za potrebe prehrambene industrije, no njegova upotreba može biti mnogo šira. Jedan od primjera moguće primjene je izrada sustava za zaštitu od požara pomoću generatora dušika. Kod takvog sustava dovoljna koncentracija dušika je 95 %, što NitroOne svakako zadovoljava. Neke od drugih mogućih primjena su tvrdo lemljenje (99,5 %) i plinsko injekcijsko prešanje (2 %).

Kod generatora dušika kisik je nusproizvod te se on ispušta u atmosferu. Dakako, to smanjuje učinkovitost generatora te kao takav problem stavlja fokus na iskorištavanje odbačenog kisika. Uzimajući u obzir da se zrak u generatoru prije ulaska u membranu filtrira te da je kisik koji se ispušta visoke kvalitete s obzirom na onečišćenja, šteta je ne iskoristiti ga. Takvu primjenu generator bi mogao pronaći u tzv. pametnim zgradama ili hotelima. Dovede li se dušik do svakog stana te se naprave posude sa standardnim priključcima stanari bi imali mogućnost svakodnevno pakirati hranu pod dušikom te time produljiti vijek trajanja hrane. S druge strane, kisik se može iskoristiti za izradu soba za opuštanje kako bi se postigla viša koncentracija kisika u zraku.



## 9. ZAKLJUČAK

Dušik se koristi u mnogim granama industrije, a da bi se koristio u nekom industrijskom procesu potrebno ga je proizvoditi (generirati) ili kupovati pohranjenog u spremnicima pod tlakom. U svijetu se bilježi trend sve veće primjene generatora dušika, a neki od većih proizvođača su Atlascopco, Parker, Inmatec i South-Tek Systems. Zbog sve veće popularnosti upotrebe generatora dušika, otvara se mogućnost da manje tvrtke razviju vlastiti generator dušika te zauzmu dio tržišta. U takav razvoj upustile su se dvije tvrtke, Fering-fit d.o.o. i L-tek d.o.o., stvorivši tako hrvatsko-slovensku poslovnu suradnju. U počecima suradnje ovih dviju tvrtki zamisao je bila razviti membranski generator dušika koji bi zadovoljio zahtjeve za koncentracijom  $N_2$  do 99,5 %. Generator takvih karakteristika svoju primjenu pronalazi uglavnom u prehrambenoj industriji.

Prvotno razvijena osnovna verzija generatora pod imenom NitroOne postigla je očekivane rezultate, proizvodeći dušik željene koncentracije (99,5 %). Time je NitroOne opravdao početna ulaganja i otvorio mogućnosti za daljnji razvoj. Smjernice za daljnji razvoj uređaja proizašle su iz analize razgovora i primjedbi korisnika generatora te su usmjeravale na veću energetska učinkovitost; naime, generator je u vremenu kada je potrošač isključen i dalje radio te tako stvarao gubitke u obliku rasipanja komprimiranog zraka koji se ispušta u okolinu.

Druga, naprednija verzija generatora pod imenom NitroOne-S posjeduje ekonomični modul koji isključuje generator kada je potrošač isključen. Modul je napravljen tako da mjeri promjenu tlaka na izlazu i sukladno tome zatvara ili otvara ulazni automatski ventil. Elementi od kojih se sastoji modul jesu: digitalni manometar povezan na upravljačko računalo, jednosmjerni ventil te nova verzija softvera upravljačkog računala. Za potrebe razvoja naprednog modela u sklopu ovog rada izrađen je novi P&ID dijagram te 3D model generatora za što je korišten programski paket CATIA V5. Za potrebe dobave komponenti, izrade i montaže te održavanja izrađene su količinska i strukturna sastavnica. Napisane su upute koje se odnose na rukovanje uređajem te je napravljen plan održavanja. Za potrebe prezentacije uređaja napravljen je proračun isplativosti generatora dušika koji prikazuje odnos cijena generiranog i kupovnog dušika.

Također, u radu su opisani princip rada razvijanog generatora, njegove karakteristike te uvjeti potrebni za rad. Predočena je mogućnost spajanja s drugom opremom te su opisane korištene norme koje se odnose na generator. Prikazan je proces od izrade do isporuke i održavanja generatora kroz integraciju rada dviju tvrtki.

Da bi uređaj bio još konkurentniji na tržištu potreban je daljnji razvoj. Daljnjim razvojem potrebna je izrada novih funkcionalnih rješenja uređaja kako bi se dobio modularan uređaj koji bi se sklapao prema zahtjevima kupca. Neka od mogućih funkcionalnih rješenja jesu: ugradnja analizatora kisika, mogućnost ugradnje većeg broja membrana i daljinske kontrole, izrada detaljnih korisničkih i priručnika održavanja. Također potrebno je istražiti moguću primjenu kisika koji kao višak izlazi iz generatora te time povećati učinkovitost generatora.

Povezivanjem uređaja putem interneta otvara dodatne mogućnosti praćenja rada uređaja sa svrhom unaprjeđenja korisničke podrške.

NitroOne je relativno nov na tržištu te je za njegovu održivost potrebno proširiti tržište i primjenu. Potrebno je tržište bolje upoznati s isplativošću generatora, koje u velikom udjelu koristi dušik pohranjen u posudama pod tlakom. Buduća očekivanja su da NitroOne preuzme još veći dio tržišta kroz znatno nižu cijenu od konkurencije, ali uz jednaku kvalitetu i pouzdanost.

## 10. LITERATURA

- [1] Općenito o dušiku, [http://www.pse.pbf.hr/hrvatski/\\_elementi/n/index.html](http://www.pse.pbf.hr/hrvatski/_elementi/n/index.html) Pristupljeno: 2015-11-05
- [2] Adsorpcija, <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=566> Pristupljeno 2015-11-05
- [3] Tvrtka Parker, [www.parker.com](http://www.parker.com) Pristupljeno 2015-10-28
- [4] Tvrtka Parker, odjel za N<sub>2</sub>, <http://www.parkern2.com> Pristupljeno 2015-11-11
- [5] On-line tečaj u organizaciji Parker-DH, <https://domnickhunter.virtual-college.co.uk> Pristupljeno 2015-11-07
- [6] Keith Murphy, Are Nitrogen Molecules Really Larger Than Oxygen Molecules?, Air products and Chemicals, Inc., St. Louis, 2007.
- [7] Membranske tehnologija u procesnom inženjerstvu, <http://en.academic.ru/dic.nsf/enwiki/11724900> Pristupljeno 2015-11-06
- [8] O renderiranju, <http://www.3drender.com/glossary/3drendering.htm> Pristupljeno 2015-10-24
- [9] Proizvođač generatora N<sub>2</sub> Inmatec, <http://www.inmatec.de/> Pristupljeno 2015-10-24
- [10] Parker industrijski generatori, <http://ph.parker.com/us/en/industrial-nitrogen-gas-generators-old> Pristupljeno 2015-10-15
- [11] Proizvođač generatora N<sub>2</sub> Atlascopco, [http://www.atlascopco.com/nitrogenus/products/nitrogen\\_generators/membrane\\_nitrogen/](http://www.atlascopco.com/nitrogenus/products/nitrogen_generators/membrane_nitrogen/) Pristupljeno 2015-10-15
- [12] Proizvođač generatora N<sub>2</sub> IGS, <http://igs-global.com/products/nitrogen-generators/nitrogen-membrane-generators/> Pristupljeno 2015-10-15
- [13] Proizvođač generatora N<sub>2</sub> South-tek Systems, <http://www.southteksystems.com/> Pristupljeno 2015-10-15
- [14] Tvrtka Fering-fit d.o.o., <http://www.fering-fit.hr/onama.php> Pristupljeno 2015-10-22
- [15] Tvrtka L-tek, <http://www.l-tek.si/> Pristupljeno 2015-10-22
- [16] O zraku, <https://hr.wikipedia.org/wiki/Zrak> Pristupljeno 2015-10-21
- [17] Regulator Samson, [www.samson.de](http://www.samson.de) Pristupljeno 2015-11-06
- [18] ISO norme, [www.iso.org](http://www.iso.org) Pristupljeno 2015-11-09

## 11. PRILOZI

### Popis priloga

Prilog 1. Certifikat o položenoj obuci o onečišćenju industrijskog zraka.....	75
Prilog 2. Certifikat o položenoj obuci o tehnologijama filtracije zraka .....	76
Prilog 3. Certifikat o položenoj obuci o industrijskim plinovima.....	77
Prilog 4. Certifikat o položenoj obuci o održavanju i primjeni generatora plinova Parker .....	78
Prilog 5. Tehničke karakteristike membrane generatora NitroOne, 1/2 [3].....	79
Prilog 6. Tehničke karakteristike membrane generatora NitroOne, 2/2 [3].....	80
Prilog 7. Tehničke karakteristike regulatora Samson, 1/2 [17].....	81
Prilog 8. Tehničke karakteristike regulatora Samson, 2/2 [17].....	82
Prilog 9. Strukturna sastavnica NitroOne, list 1/3.....	83
Prilog 10. Strukturna sastavnica NitroOne, list 2/3.....	84
Prilog 11. Strukturna sastavnica NitroOne, list 3/3.....	85
Prilog 12. Dijagram P&ID stanice tehničkih plinova .....	86

**Prilog 1. Certifikat o položenoj obuci o onečišćenju industrijskog zraka**

***has demonstrated the required  
knowledge and successfully achieved:***

1. Compressed Air Contamination and Its Sources (22-Jul-2013)
2. Compressed Air Contaminants in Detail (22-Jul-2013)
3. Which Contaminant Causes The Most Problems? (22-Jul-2013)
4. Contaminant Removal: Bulk Condensed Water, Liquid Oil, Water Aerosols, Oil Aerosols, Atmospheric Dirt, Rust, Pipescale and Microorganisms (22-Jul-2013)
5. Contaminant Removal: Water Vapour [Part. 1] (22-Jul-2013)
6. Contaminant Removal: Water Vapour [Part 2] (22-Jul-2013)
7. Contaminant Removal: Oil Vapour (22-Jul-2013)
8. Contaminant Removal: Dirt / Rust / Pipescale / Microorganisms (22-Jul-2013)
9. ISO Air Quality and Testing Standards (22-Jul-2013)

**David Binns**  
**Training & Development Manager**



**Prilog 2. Certifikat o položenoj obuci o tehnologijama filtracije zraka****1. Certificate in Filtration Technology**

**David Binns**  
**Training & Development Manager**



### Prilog 3. Certifikat o položenoj obuci o industrijskim plinovima



## 4. Certificate in Industrial Gas

**David Binns**  
Training & Development Manager





**Prilog 4. Certifikat o položenoj obuci o održavanju i primjeni generatora plinova Parker**

# ***Certificate of Completion***



This is to certify that

Igor Kus

FERING FIT d.o.o.

Has successfully completed the following  
Parker domnick hunter training course:

***Combined Utility Air & Utility Gas  
Generation Levels 1 & 2 Service  
Training***

**18 - 22 November 2013**

**Signed:** *T. Wane*



## Prilog 5. Tehničke karakteristike membrane generatora NitroOne, 1/2 [3]

## SmartFluxx SA1508

### Nitrogen Membrane Module

Product Information Sheet

Parker hollow-fibre membrane modules produce nitrogen gas from compressed air to offer a cost-effective, reliable and safe alternative to traditional cylinder or liquid nitrogen gas supplies.

Nitrogen is used as a clean, dry, inert gas primarily for removing oxygen from products and/or processes.

Parker modules can be built into a custom-made nitrogen generator or can be integrated with your (production) process to provide an on-demand, continuous source of nitrogen gas. Gas which can be used in a wide range of industries including food, beverage, pharmaceutical, laboratory, chemical, heat treatment, electronics, transportation, oil & gas, mining and marine.



#### Manufacture Information:

**Parker Filtration & Separation B.V.**  
**domnick hunter Industrial Division**  
 Oude Kerkstraat 4  
 4878 AA Etten-Leur  
 The Netherlands

**Tel: +31 (0)76 508 53 00**  
**Fax: +31 (0)76 508 53 33**  
**Email: pfsinfo@parker.com**

#### Benefits:

- **Less membrane modules needed per nitrogen system**  
 More nitrogen per fibre is produced from Parker hollow-fibre membranes than any other in the world
- **Use of low pressure standard industrial compressor**  
 No high pressure compressor needed to obtain required nitrogen flow
- **Energy savings**  
 Operation at a low pressure requires less energy
- **Reduced CO<sub>2</sub> emissions**  
 No heater required to open polymer membrane structure, thus reducing the energy consumption
- **Robust fibre**  
 Most tolerant fibre to particle contamination
- **Large membrane diameter**  
 Lowest membrane module pressure drop
- **Strong engineering plastic**  
 Life-expectancy of more than 10 years
- **Factory membrane ageing, pre-delivery**  
 No performance decrease over time due to fibre ageing
- **Quick start-up time**  
 Required nitrogen purity is produced instantly, no time needed to heat-up
- **Flexible mounting arrangements**  
 Can be mounted horizontal or vertical
- **Low noise operation**  
 Radiated noise generated by membrane technology is extremely low
- **No maintenance required**  
 No user serviceable parts
- **Small system footprint**  
 Less modules needed to produce nitrogen requirements



ENGINEERING YOUR SUCCESS.

## Prilog 6. Tehničke karakteristike membrane generatora NitroOne, 2/2 [3]

### Performance data

Purity %	Nitrogen <sup>1</sup> flow rate in m <sup>3</sup> /hr <sup>2</sup>						Purity %	Feed-air consumption at nitrogen flow rate in m <sup>3</sup> /hr <sup>2</sup>					
	99.5	99.0	98.0	97.0	96.0	95.0		99.5	99.0	98.0	97.0	96.0	95.0
4 bar g	2.8	4.0	5.7	7.1	9.5	10.9	4 bar g	21	21	22	22	26	27
5 bar g	3.7	5.3	7.9	10.2	12.8	15.2	5 bar g	24	26	29	31	34	36
6 bar g	4.7	7.0	10.2	13.0	15.7	20.5	6 bar g	29	33	36	38	41	48
7 bar g	6.1	8.5	12.3	16.5	19.5	24.3	7 bar g	36	38	41	48	50	56
8 bar g	6.9	9.7	14.3	20.2	23.3	28.1	8 bar g	38	42	47	56	58	63
9 bar g	7.8	11.1	17.0	22.2	27.0	32.2	9 bar g	44	48	55	62	67	72
10 bar g	8.6	12.6	18.5	24.2	30.2	37.4	10 bar g	50	56	61	68	75	84
11 bar g	9.6	14.2	20.7	27.3	33.0	41.0	11 bar g	51	60	66	74	80	91
12 bar g	10.5	15.2	22.9	29.5	36.6	45.6	12 bar g	57	65	76	83	92	103
13 bar g	11.3	16.3	24.9	32.0	39.5	48.8	13 bar g	66	72	85	92	101	113

Maximum pressure drop at Purity<5%: <0.2 bar

Maximum pressure drop at Purity>5%: 0.1 to 0.5 bar

<sup>1</sup> Parker membranes separate oxygen from pressurised air. The composition of the product is determined by measuring the residual oxygen content. The nitrogen content is calculated by subtracting the residual oxygen content from 100 %. Air is composed of nitrogen (78.1%), oxygen (20.9 %), Argon (0.9 %), CO<sub>2</sub> (0.03 %), and some trace inert gases. Remember that the value that is normally called the nitrogen content actually is the inert gas content.

<sup>2</sup> m<sup>3</sup>/hr refers to conditions at 1013 mbar(a) and 20°C

For purities >99.5% please contact Parker

### Ambient Conditions

Ambient temperature	+2°C to +50°C
Ambient pressure	atmospheric
Air quality	clean air without contaminants

### Mechanical Design Housing

Design pressure	15 bar g**
Design temperature	65°C**

\*\*Membrane operating limits are lower

### Feed-air Conditions

Maximum operating pressure	13.0 bar g
Min. / Max. operating temperature	+2°C / +50°C
Maximum oil vapour content	<0.01 mg/m <sup>3</sup>
Particles	filtered at 0.01 µm cut off
Relative humidity	<100% (non condensing)

### Material

Housing	Aluminum
Coating	ESPC to RAL 7039 (Quartz Grey) Dry Film Thickness: 60 micron

### Services on Request

Material certificates EN10204-3.1 on housing material (for Stainless Steel only)
3D model CAD STEP file

### Flow Rate Corrections

Nitrogen flow rate at feed temperatures other than 20°C	Use bulletin S3.1.240*
Feed-air consumption at feed-air temperatures other than 20°C	Use bulletin S3.1.240*

\* Revision number may vary, make sure to use the most recent revision

### Weight, Dimensions and Connections

Dimensions H x Ø D	1655 x 114 mm
Weight	6.8 kg
Connection inlet / outlet	G <sup>3</sup> / <sub>4</sub> " female to ISO 228
Vent	G 1" female to ISO 228
Dimensional drawing	Refer to K3.1.330

### Note

Parker membrane systems produce both nitrogen and oxygen enriched air. Nitrogen enriched air can cause suffocation and oxygen enriched air causes increased fire hazards. The oxygen enriched air is available at ambient pressure and pressure build-up of enriched oxygen at the outlet must be prevented, otherwise a serious (reversible) decrease in performance will result. The nitrogen enriched air produced should be treated as pressurised air.

For more information please contact your local sales office or visit [www.parker.com](http://www.parker.com)

Parker has a continuous policy of product development and although the company reserves the right to change specifications, it attempts to keep customers informed of any alterations.

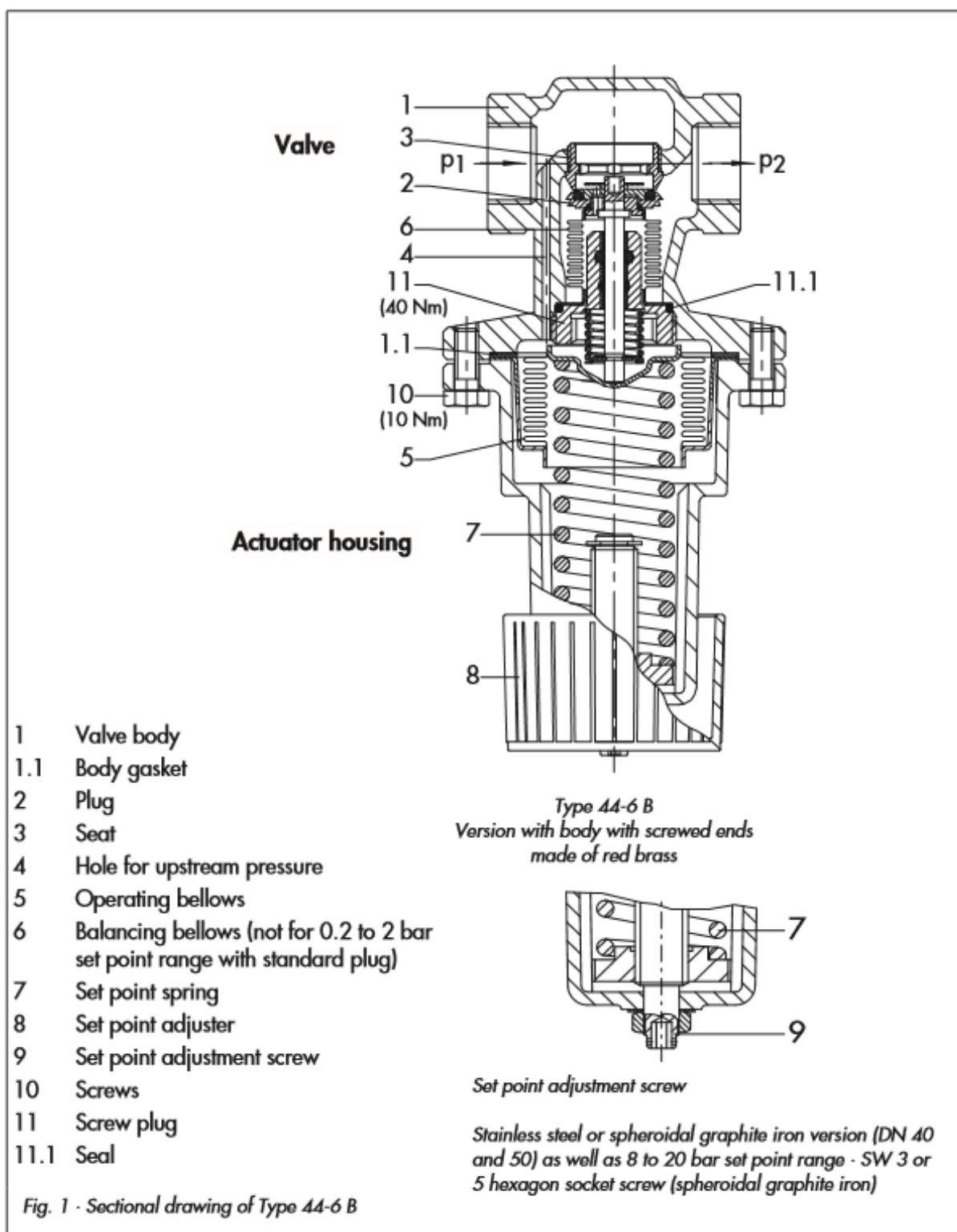
©2011 Parker Hannifin Corporation. All rights reserved.

Catalogue: S3.1.243a  
03/11

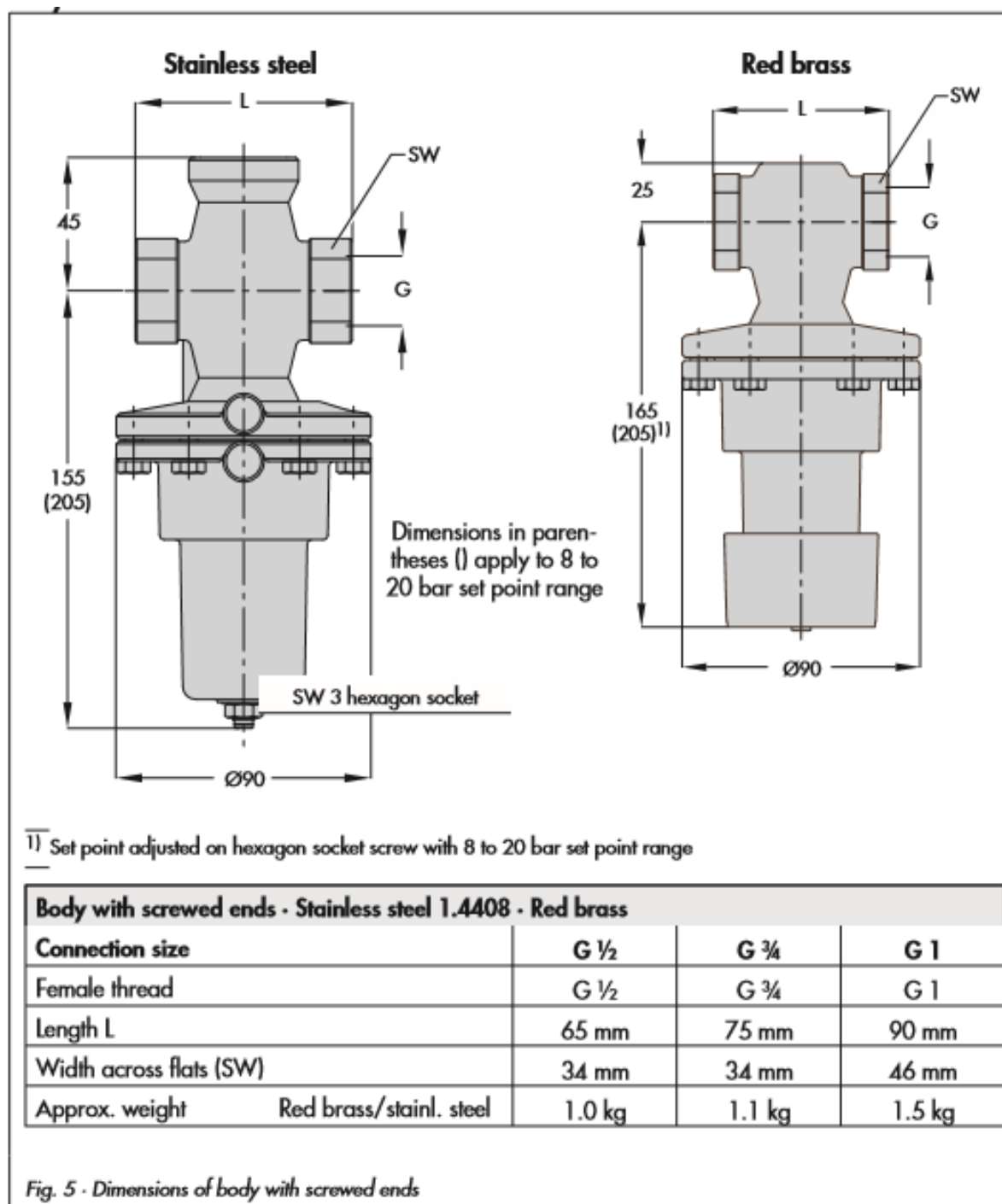


ENGINEERING YOUR SUCCESS.

## Prilog 7. Tehničke karakteristike regulatora Samson, 1/2 [17]



## Prilog 8. Tehničke karakteristike regulatora Samson, 2/2 [17]



## Prilog 9. Strukturna sastavnica NitroOne, list 1/3

Fakultet strojarstva i brodogradnje Zagreb				STRUKTURNA SASTAVNICA										Datum izrade: 2015-11-21		Kl:		List: 1	
Naziv:				Identitet:										Broj crteža:		K:		Listova: 3	
NitroOne																			
Stupanj ugradnje	Identitet ugradbenog dijela	Naziv ugradbenog dijela	Format crteža	Broj crteža	Broj pozicije na sklopom crtežu	K	Kl	JM	Količina	Broj izmjene	Datum izmjene	S	Datum stupanja						
.1	UE1	Nosiva konstrukcija				S		11	1										
..2	UE2	Kućište membrane			3	D		11	1										
...3	SA1508	Membrana	Prilog 5-6			P		11	1										
...3	UE3	Držač membrane				D		11	1										
..2	8104N-1A1-DX	Filter grublji			4	P		11	1										
...3	UE4	Vijak M4x30				T		11	3										
..2	8104N-1A1-AX	Filter fini			3	P		11	2										
...3	UE4	Vijak M4x30				T		11	3										
..2	89505	Filter s aktivnim ugljenom			5	P		11	1										
...3	UE4	Matica M4				T		11	12										
...3	UE5	Podloška za maticu M4				T		11	12										
..2	UE6	Fleksibilna cijev				D		11	4										
...3	UE7	Slobodna matica DN 20				T		11	4										
...3	UE8	Slobodna matica DN 16				T		11	8										
..2	UE9	Ručni kuglasti ventil 3/4"			12	P		11	1										
...3	UE10	Nipla 3/4"				D		11	1										
..2	UE11	Cijevno koljeno 3/4"				D		11	2										
JM - jedinica mjere:				Kl - ključ nositelja izrade:				S - status ključ:				Broj sastavnice:							
11 - komad	31 - mm	44 - m <sup>4</sup>	D - dio u užem smislu	10 - lijevaonica	40 - pogon održavanja	U - ubacivanje dijela													
20 - gram	33 - cm	52 - cm <sup>2</sup>	F - fiktivni sklop	15 - teška obrada	54 - nabava	B - brisanje dijela													
21 - dkg	41 - mm <sup>2</sup>	53 - dm <sup>2</sup>	M - materijal (sirovina)	20 - laka obrada	55 - kooperacija domaća	R - izvedeni dio													
22 - kg	42 - cm <sup>2</sup>	62 - l		30 - montaža	56 - kooperacija inozemna	✱ - alternativni dio													



## Prilog 10. Strukturna sastavnica NitroOne, list 2/3

Fakultet strojarstva i brodogradnje Zagreb				STRUKTURNA SASTAVNICA										Datum izrade: 2015-11-21		K:		Kl:		List: 2	
Naziv:				Identitet:										Broj crteža:		K:		Kl:		Listova: 3	
NitroOne																					
Stupanj ugradnje	Identitet ugradbenog dijela	Naziv ugradbenog dijela	Format crteža	Broj crteža	Broj pozicije na sklopom crtežu	K	Kl	JM	Količina	Broj izmjene	Datum izmjene	S	Datum stupanja								
..2	UE12	Redukcijska cijevna spojka				D		11	4												
..2	UE13	Ručni kuglasti ventil 1/2"			11	P		11	3												
..2	UE14	Nipla 1/2"				D		11	1												
..2	UE15	Cijevno koljeno 1/2"				D		11	9												
..2	UE16	Cijevni T komad 3/4"				D		11	1												
..3	UE17	Ručni ventil 6 - 1/8 Z "			10	P		11	1												
..3	ISE30A	Digitalni manometar				D		11	1												
..2	13583	Cijevni T komad 3/4"				D		11	1												
..3	UE18	Iglasti ventil 1/2"			8	D		11	1												
..2	UE14	Nipla 1/2"				D		11	2												
..2	VXD2140	Automatski ventil 3/4"			2	P		11	1												
..2	UE19	Cijevni produžetak 80 mm				D		11	1												
..2	UE20	Obujmica OBZ				D		11	1												
..3	UE4	Vijak M4x30				T		11	3												
..2	UE10	Nipla 3/4"				D		11	1												
..2	UE11	Cijevno koljeno 3/4"				D		11	2												
..2	VXD2150	Automatski ventil 1/2"				P		11	1												
..2	UE14	Nipla 1/2"				D		11	2												
JM - jedinica mjere:	44 - m <sup>4</sup>	54 - m <sup>2</sup>	K - karakter dijela:	Kl - ključ nositelja izrade:	S - status ključ:	Broj sastavnice:															
11 - komad	31 - mm		D - dio u užem smislu	10 - lijevaonica	40 - pogon održavanja	U - ubacivanje dijela															
20 - gram	33 - cm		F - fiktivni sklop	15 - teška obrada	54 - nabava	B - brisanje dijela															
21 - dkg	41 - mm <sup>2</sup>		M - materijal (sirovina)	20 - laka obrada	55 - kooperacija domaća	R - izvedeni dio															
22 - kg	42 - cm <sup>2</sup>			30 - montaža	56 - kooperacija inozemna	* - alternativni dio															

## Prilog 11. Strukturna sastavnica NitroOne, list 3/3

Fakultet strojarstva i brodogradnje Zagreb			STRUKTURNA SASTAVNICA										Datum izrade: 2015-11-21		Kl:		List: 3	
Naziv:			Identitet:										Broj crteža:		K:		Listova: 3	
NitroOne																		
Stupanj ugradnje	Identitet ugradbenog dijela	Naziv ugradbenog dijela	Format crteža	Broj crteža	Broj pozicije na sklopom crtežu	K	Kl	JM	Količina	Broj izmjene	Datum izmjene	S	Datum stupanja					
..2	UE12	Redukcijska cijevna spojka				D		11	4									
..2	UE21	Cijevni produžetak 40 mm				D		11	1									
..2	UE20	Obujmica OBZ				D		11	1									
...3	UE4	Vijak M4x30				T		11	3									
..2	UE10	Nipla 3/4"				D		11	1									
..2	UE11	Cijevno koljeno 3/4"				D		11	2									
..2	UE22	Regulator Samson	Prilog 6-7		9	P		11	1									
..2	UE16	Cijevni T komad 3/4"				D		11	2									
...3	ISE30A	Digitalni manometar				P		11	1									
..2	UE12	Redukcijska cijevna spojka				D		11	4									
..2	UE14	Nipla 1/2"				D		11	1									
..2	ISE30A	Digitalni manometar				P		11	1									
..2	UE16	Cijevni T komad 3/4"				D		11	2									
...3	2025	Analogni manometar				P		11	1									
.1	UE23	Kućište generatora				D		11	1									
..2	UE24	Upravljačko računalo				S		11	1									
...3	UE25	Kabel napajanja				D		11	1									
...3	UE26	Vijak M6x50				T		11	5									
JM - jedinica mjere:		K - karakter dijela:		Kl - ključ nositelja izrade:		S - status ključ:		Broj sastavnice:										
11 - komad	31 - mm	44 - m <sup>4</sup>	D - dio u užem smislu	P - gotovi proizvod	10 - lijevaonica	40 - pogon održavanja	U - ubacivanje dijela											
20 - gram	33 - cm	52 - cm <sup>2</sup>	F - fiktivni sklop	S - sklop	15 - teška obrada	54 - nabava	B - brisanje dijela											
21 - dtg	41 - mm <sup>2</sup>	53 - dm <sup>2</sup>	M - materijal (sirovina)	T - standardni dio	20 - laka obrada	55 - kooperacija domaća	R - izvedeni dio											
22 - kg	42 - cm <sup>2</sup>	62 - l			30 - montaža	56 - kooperacija inozemna	♦ - alternativni dio											

## Prilog 12. Dijagram P&amp;ID stanice tehničkih plinova

